COFRDA REPORT 330

Research and Development sponsored by Forestry Canada under the Canada – Ontario F.R.D.A.

Canada Ontario

CANADA–ONTARIO FOREST RESOURCE DEVELOPMENT AGREEMENT

A five-year, $150 million initiative funded equally by the Government of Canada and the Government of Ontario.

Objectives:

- to encourage and support forest management activity in order to increase the sustainable supply of wood fibre from the forest to ensure the long-term viability and competitiveness of the forest industry in Ontario;

- to improve and increase the utilization of the forest resource to enhance future forest industry development opportunities; and.

- to contribute to the economic development of Ontario's forest sector, including the improvement of employment opportunities in the sector.

Programs:

Forest Management and Renewal Operations
Forest Management and Renewal Support
Innovative Programs
Administration, Communications and Evaluation

Projects are approved jointly through a Management Committee comprised of representatives from Forestry Canada and the Ontario Ministry of Natural Resources.

L'ENTENTE CANADA–ONTARIO SUR LA MISE EN VALEUR DE LA RESSOURCE FORESTIERE

Un projet quinquennal de 150 millions $ subventionné à part égale par les gouvernements du Canada et de l'Ontario.

Objectifs:

- encourager et appuyer les activités d'aménagement forestier, afin d'augmenter les approvisionnements durables en fibres de bois tirées des ressources forestières, de manière à assurer la viabilité et la compétitivité à long terme de l'industrie forestière de l'Ontario;

- améliorer et augmenter l'utilisation des ressources forestières afin de favoriser l'expansion future de l'industrie forestière; et,

- contribuer à l'expansion économique du secteur forestier de l'Ontario, y compris l'amélioration des possibilités d'emplois que présente ce secteur.

Programmes:

Aménagement et renouvellement forestiers
Soutien de l'aménagement et du renouvellement forestiers
Programmes innovateurs
Administration, communications et évaluation

Les projets sont approuvés par un comité de gestion composé de représentants du Forêts Canada et du ministère des Richesses naturelles.

COFRDA REPORT 3301

A Compendium of Research and Development sponsored by Forestry Canada under the Canada – Ontario F.R.D.A.

J.B. Scarratt
Forestry Canada, Ontario Region
1989

Canada–Ontario
Forest Resource Development Agreement
1984–1989
Federal-delivery component

90-05899/

©Minister of Supply and Services Canada 1989
Catalogue No. Fo 29–25/3301
ISBN 0–662–57078–2
ISSN 0847–2866

Copies of this publication are available at no charge from:
Communications Services
Great Lakes Forestry Centre
Forestry Canada–Ontario Region
P.O. Box 490
Sault Ste. Marie, Ontario
P6A 5M7

Microfiches of this publication may be purchased from:
Micro Media Inc.
Place du Portage
165, Hotel–de–Ville
Hull, Quebec
J8X 3X2

NOTE

The use or mention of tradenames or proprietary products does not imply endorsement by Forestry Canada or the Ontario Ministry of Natural Resources.

ABSTRACT

This compendium provides a descriptive summary of the 48 research and development projects that constitute the federal-delivery portion of the Research, Development and Applications Sub–Program of the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement (COFRDA). The projects, mostly carried out under contracts supervised by Forestry Canada, Ontario Region, cover a broad range of topics in the areas of silviculture and forest management, forest ecology, tree physiology, tree improvement and genetics, and forest protection. Each project entry describes the objectives, methodology and achievements of the research. The compendium will be of interest to forest managers, field foresters, the research community and others with an interest in forestry research.

RÉSUMÉ

Le présent compendium propose une récapitulation descriptive des 48 projets de recherche et de développement financés par le gouvernement fédéral dans le cadre du volet recherche, développement et applications de l'Entente Canada–Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières (ECOMVRF). Les projets en question ont principalement été entrepris par des sous–traitants, sous la surveillance de Forêts Canada (région de l'Ontario), et couvrent toute une gamme de sujets en sylviculture et aménagement forestier, écologie forestière, physiologie des arbres, amélioration végétale et génétique, et protection des forêts. Chaque résumé décrit les objectifs du projet, la méthode suivie et les résultats expérimentaux. Le compendium s'adresse particulièrement aux aménageurs, aux forestiers, à la collectivité scientifique et à tous ceux qui s'intéressent à la recherche en foresterie.

ACKNOWLEDGMENTS

No undertaking of this nature can be successfully completed without the help of many people, and so it has been in the production of this publication. Much of the technical information contained herein is based upon material that was supplied by the individual project investigators or by the responsible scientific authorities. However, any errors of interpretation are mine alone. For their valuable assistance in various aspects of the preparation of this publication, my sincere thanks go to Bruce Canning, Peter Jakibchuk and Edward Rayner of Forestry Canada, Ontario Region and Victoria Mervyn of Forestry Canada's Forest Pest Management Institute.

Two people deserve special thanks for their unstinting contribution to this publication. Diana Callaghan provided invaluable assistance in the essential tasks of compiling and checking information, contacting investigators, arranging for translations and attending to the many administrative details. Geoff Hart edited the English manuscript, and did an outstanding job of formatting and laying out the text, as well as making many valuable suggestions.

The text was translated into French by the Official Languages Services office of the Department of the Secretary of State. Technical editing of the French translation was carried out by Andre Lavallée, Forestry Canada, Ottawa. Proofreading of the French translation was performed by Pierrette Valade of Sault Ste. Marie.

I wish to thank the co-chairmen of the COFRDA Management Committee, Dr. C.H. Winget of Forestry Canada, Ontario Region and J.F. Goodman of the Forest Resources Group of the Ontario Ministry of Natural Resources, for supporting the concept of this publication. Thanks are due also to J.J. Farrell, Dr. P.A. Addison and G.D. Huntley of Forestry Canada, Ontario Region for their encouragement in this venture.

—— *J.B. Scarratt*

This publication was printed with funds provided by the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement.

TABLE OF CONTENTS

FOREWORD vii

INTRODUCTION ix

PROJECT DESCRIPTIONS

- Silviculture and Forest Management 3
- Ecological Relationships 35
- Physiological Relationships 51
- Tree Improvement and Genetics 65
- Fire and Prescribed Burning 75
- Forest Pest Management 87
- Forest Disease Management 95
- Technology Transfer 105

APPENDICES

- Common and Scientific Names 113
- References 115
- Keyword Index 119

Cover photo: Fall in the boreal forest of northern Ontario (J. Scarratt).

FOREWORD

In early 1980, the Canadian Council of Resource and Environment Ministers (CCREM), a body with representation from the federal and all provincial governments, recognized the urgency of securing an economical and accessible commercial wood supply. In response, CCREM endorsed a target national harvest level of 210 million m^3 by the year 2000, an increase of approximately 40% over 20 years. This response contributed to a series of events that resulted in the largest national forest renewal program in Canadian history.

A number of activities predated and contributed to this important decision. In 1978, the Canadian Forestry Service (now Forestry Canada) commissioned F.L.C. Reed and Associates Ltd. (Vancouver) to undertake a study of wood supply and forest management practices on a province-by-province basis. The subsequent report, *Forest Management in Canada* (Reed et al. 1978), included recommendations aimed at identifying technical, economic and institutional constraints that could be addressed at the national level.

In 1981 the Canadian Forestry Service drafted *A Forest Sector Strategy for Canada* (Anon. 1981). This provided a blueprint for an enhanced and more visible federal role in forestry for the balance of the decade. The Strategy contained three major thrusts:

1. federal support for university training of forestry professionals;
2. expanded, mission-oriented forestry research and development;
3. a major commitment to enhancement of the national wood supply through forest renewal.

The first two initiatives were generally internal to the Canadian Forestry Service and received little national attention. The third initiative, however, led to the negotiation and signing of 10 federal–provincial forestry agreements with a total value of $1.1 billion, of which the federal government contributed $577.0 million (52%). As a direct result of this investment, planting programs reached a national level of more than 800 million trees annually.

While this activity was underway at the national level, in Ontario the federal and provincial governments were implementing the $82.0 million Forest Management Subsidiary Agreement (FMSA) (1978–1984). The primary focus of the FMSA was to enhance the infrastructure of Ontario's forest management program. A major expansion of the forest road network as well as an increase in the capacity of provincial forest nurseries were two of the program's achievements. With this enhanced infrastructure in place and an expanding roster of Forest Management Agreements between the province and forest companies, Ontario's forest management program was poised for a major period of growth.

Guided by the national Forest Sector Strategy and the provincial Forest Production Policy (Anon. 1972), the Canadian Forestry Service and the Ontario Ministry of Natural Resources in 1984 agreed to share equally in the investment of $150.0 million (1984–1989) through the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement (COFRDA). Building upon the foundation laid by the FMSA, this Agreement was dedicated primarily to forest renewal. The Agreement programs were designed to:

- enhance the sustainable wood supply;
- improve utilization of the forest resource;
- contribute to economic development.

Northern Ontario received a major portion of COFRDA investments in recognition of its resource-based economy, which relies heavily on the consumptive and non-consumptive industries dependent on a healthy forest. Either directly or indirectly, residents of more than 30 communities in northern Ontario dependent on the forest sector benefitted from Agreement activities. Such benefits took different forms, including the supply of goods and services to the silvicultural contracting industry, the provision of labor to support increased forestry activities, the growing of valuable planting stock, the construction of access roads, or the comfort of a long-term community future secured through responsible forest management.

A recently completed evaluation of COFRDA has confirmed that the major silvicultural targets identified in 1984 have been achieved and in some cases exceeded. During its term, the Agreement funded a 15% expansion of Ontario's forest management program, pushing the annual planting program to more than 160 million trees. During the same period, the area regenerated annually has increased by more than 26,000 ha. COFRDA's contribution to meeting the regeneration challenge also included the tending of over 60,000 ha of young plantations and uneven-aged hardwood stands.

Although more than 80% of Agreement funding was targeted towards forest renewal, a broad range of other forestry projects were supported in order to achieve a balanced program of forest management. These included an expanded province-wide prescribed burning program, a major acceleration of the Ontario Tree Improvement Council's cooperative program with the forest industry, the development of a new Forest Ecosystem Classification for northwestern Ontario, studies into the impact of forest management on wildlife, investigations into the increased utilization of tamarack, development of forestry education programs for elementary and secondary-school grades, plus a long list of projects in a wide range of forestry disciplines.

It was recognized at the outset that, in order to achieve the production targets set by CCREM and the Ontario Ministry of Natural Resources and to achieve the goals of the Forest Sector Strategy, an effective coordinated program of research and development was essential. Consequently, an allocation of $6.5 million was identified for "forest research, development and applications". Of this amount, $4.5 million was funded and delivered (through contractors) by Forestry Canada, Ontario Region. Projects funded under the federal-delivery program are described in this compendium.

The challenge faced by Ontario's forest industry in maintaining its competitive position in the international marketplace while anticipating and responding to public expectations of environmental responsibility is a challenge shared by those in the research and development community. The projects described in this compendium were supported by both Canada and Ontario, and represent a major contribution in our efforts to achieve a balance in sustainable development of the forest resource. COFRDA funding has clearly enabled much relevant and valuable research to be carried out during the term of the Agreement — research that will undoubtedly advance forest management in Ontario in years to come and which deserves to be widely publicized. Dr. John Scarratt is to be commended for his vision in recognizing the importance of communicating to the forestry community and the public at large what COFRDA-sponsored research has accomplished in Ontario, and for his tireless dedication in translating this compendium from a concept into reality.

J.J. Farrell
Director, Forestry Development
Forestry Canada–Ontario Region
November 1989

INTRODUCTION

The purpose of this compendium is to provide a comprehensive summary and guide to the 48 research and development projects that constitute the federal direct-delivery component of the Research, Development and Applications Sub-Program of the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement. These projects, covering a wide range of topics and mostly carried out under contracts supervised by Forestry Canada, Ontario Region, are funded unilaterally by the Government of Canada, and reflect the continuing federal commitment to forestry research. The following Introduction provides background on the sub-program, and is intended to give the reader some understanding of the context within which the projects have been carried out.

Forests are one of Canada's most valuable natural assets. The forests, and the industries that they support, contribute significantly to the social and economic well-being of this country and its citizens. The importance attached to the appropriate management, regeneration and protection of these forests by the two levels of government is reflected in the various federal–provincial forestry agreements that have been negotiated over the past decade, each tailored to the needs of the individual province.

In Ontario, the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement (COFRDA), in keeping with the federal policy statement *A Framework for Forest Renewal* (Anon. 1982) and the provincial *Forest Production Policy* (Anon. 1972), focused primarily upon the enhancement and expansion of forest renewal and intensive forest management activities. Under this initiative, the governments of Canada and Ontario shared equally in funding a $150 million, 5-year (1984–1989) program designed to increase long-term wood supplies, promote a competitive forest industry, and contribute to the economic development of Ontario's forest sector. Work carried out under the Agreement was additional to current programs, and was largely designed to stimulate increased silvicultural activity by the private sector.

Research, Development and Applications Sub-Program

In drafting COFRDA, it was clearly recognized that a balanced program of research and development was essential to the advancement of Agreement goals. Funds for this purpose were subsequently allocated under Sub-Program 3.3 (Research, Development and Applications). In keeping with the focus of the Agreement, funding priority was given to research and development projects whose ultimate aims were to improve the effectiveness of forest management and forest renewal operations. From the outset, strong emphasis was also placed upon technology transfer, the vital link between the researcher and the field practitioner, in recognition of the need for prompt dissemination and application of new knowledge and techniques arising from research and development projects.

Total funding for the Research, Development and Applications Sub-Program amounted to $6.5 million, of which $2.0 million was cost-shared between the federal and provincial governments. The balance ($4.5 million), comprising the federal-delivery component, was funded unilaterally by the federal government in support of contract research supervised and administered by Forestry Canada, Ontario Region.

There was a strong demand for funds under the research and development sub-program. Calls to government and non-government research agencies, universities, consulting firms and others were successful in attracting many good proposals. Approximately 120 requests for funding were received, of which 58 projects were eventually approved. Ten of the approved projects, ranging in value from $51,000 to $381,000, constitute the cost-shared component of the sub-program. For the

most part, these projects are being conducted "in-house" by staff of the Ontario Ministry of Natural Resources, either at the Ontario Forest Research Institute or in an operational setting. The other 48 projects make up the federal-delivery component of the sub-program, the subject of the present compendium.

The selection process was the same for both federal-delivery and cost-shared projects. Proposals were first screened by the COFRDA Research, Development and Applications Subcommittee to determine whether they were consistent with COFRDA objectives and to evaluate their scientific merit. The subcommittee routinely solicited external review of proposals by experts before reaching a final decision and recommending projects for approval by the COFRDA Management Committee. Once a project was approved for funding and a contract had been raised, a Scientific Authority was appointed to oversee the project and to provide scientific liaison between the contractor and the supervising agency. Scientific Authorities are generally employees of one of the participating government agencies who have some measure of expertise in the subject area of the project. The progress of projects has been monitored regularly through annual or more frequent progress reports, and most projects have been formally reviewed at least once by the Research, Development and Applications Subcommittee.

Federal-delivery Research and Development Projects

These 48 projects cover a wide range of topics in forest biology and forest management, some at the applied and some at a more fundamental level. Although many projects deal with practical silvicultural questions, such as factors influencing the success of direct seeding or the size of buffer zone required for aerial spraying of herbicides, others address problems in such disparate areas as seed development, seedling physiology, remote sensing, regeneration modeling, ecosystem relationships, fire management, forest protection, nursery diseases, tree improvement and integrated resource management.

Although they deal with a diversity of topics, these projects need to be considered in the context of research already under way at government research establishments and universities. The federal-delivery projects are not necessarily new or discrete pieces of research but, in many instances, complement existing research programs. In such cases, COFRDA funding has allowed researchers to address gaps or to accelerate investigations in promising programs, thereby broadening the knowledge base or facilitating the development of potentially useful technologies. In several other instances, projects relate to work conducted under more operationally oriented programs of the Agreement. For example, Project 33022 (page 39) was funded to test and refine the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification that had been developed under Sub-Program 2.1 of the Forest Management Support Program.

For the purposes of this compendium, the projects are grouped into eight broad subject areas, *viz.*: silviculture and forest management, ecological relationships, physiological relationships, tree improvement and genetics, fire and prescribed burning, forest disease management, forest pest management and technology transfer. In general, each project summary describes the objectives, the approach and the progress of the work. It should be noted that, although COFRDA expired on March 31, 1989 and many projects have now been completed, more than half are still active and will continue to be funded during the 2-year wind-down phase of the Agreement.

The average contract value for the federal-delivery projects is about $87,000. However, partly because of differences in project duration (i.e. from 1 to 5 years), there is considerable variation in individual values, with a range of $6,817 to $219,565. Current estimates for the total contract value in each subject group are as follows (number of projects in parentheses):

Silviculture and forest management (16)	$1,622,433
Ecological relationships (7)	303,376
Physiological relationships (6)	670,278
Tree improvement and genetics (5)	434,585
Fire and prescribed burning (5)	472,435
Forest disease management (4)	403,674
Forest pest management (3)	194,908
Technology transfer (2)	198,683

(These figures do not include project management and certain publication costs)

It should be acknowledged that a number of projects received direct support, mostly in the form of field assistance or materials, from district offices of the Ontario Ministry of Natural Resources or from cooperating forest companies. In several instances this substantially reduced the cost of a project to COFRDA. Such cooperative arrangements reflect the keen interest

shown by many forest managers in the aims and progress of the research and development projects.

Impacts and Benefits

The projects described in this compendium are generally of a very high caliber, both scientifically and in terms of their potential for influencing forestry practices. In keeping with the goals of the Agreement, all projects can be expected to make significant contributions to our understanding or capabilities in the areas of intensive forest management, forest renewal or forest protection. In addition, several projects will contribute to the development of strategies for better use of the forest resource, including integrated resource management.

Although the intended beneficiaries of the results of research are practitioners and managers (e.g., forest managers, field foresters, nursery managers, fire managers, fish and wildlife specialists), it would be naïve to expect that all projects will have an immediate impact upon forestry practices in Ontario. The results of projects such as the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification, the regeneration decision model (page 25) and certain silvicultural findings, can be applied immediately and will clearly influence forest management in the short term. However, in other cases, either because a project addressed only part of a larger issue or because the investigation was more fundamental in nature, the practical benefits will take longer to realize, and then perhaps only after further research and development. Under these circumstances, effective technology transfer is crucial, not only to communicate and encourage the application of usable results, but also to raise the awareness among future clients about the existence, progress and potential benefits of continuing research and development activities.

In the federal-delivery projects, technology transfer is accomplished in different ways: through reports, manuals and interpretive guides, articles in scientific journals, lectures, seminars and workshops, training courses and audio-visual aids. The methods adopted depend greatly upon the nature of the work and the target audience. Achievements in some projects have been communicated more successfully than in others, and steps have recently been taken to expedite information transfer to the operational user where other provisions do not exist. However, because of the different starting dates and durations of projects, it seems inevitable that the dissemination of final results will need to be pursued actively even after all projects are completed in order to realize the full benefits of the COFRDA investment in research. One of the goals of this compendium is to bridge this time gap, and to summarize for potential users and the scientific community what has been accomplished through COFRDA-sponsored research and development.

Although the research described herein was undertaken with the primary goal of improving and furthering forest management practices in the province, the program has had important secondary benefits in terms of support for non-government researchers. Of the $4.5 million spent on the federal-delivery projects, $2.0 million (45%) was allocated to projects under contract to consulting firms or to individual private researchers. A further $2.1 million (47%) was used to fund research projects in Ontario universities. Aside from the value of the research itself, these funds have benefitted the universities by providing resources for new and continuing research programs, equipment purchases, the support of postgraduate students and, through overhead charges on contracts (often as high as 65%), have contributed to general university operating costs. These are important spinoff benefits that need to be recognized in evaluating the contribution of COFRDA.

The eventual impact upon forestry practices of many of the projects included in this compendium is likely to be considerable. However, the dissemination and application of new knowledge and techniques takes time, and the benefits of a piece of research may not become apparent for several years. Reports prepared to date are listed under each project entry, and updated lists will be issued in the future. For the reader requiring more information on a particular project, published results are usually readily accessible through science libraries, or copies can be obtained from the investigator. Single copies of most unpublished reports, such as interim and final project reports, may be obtained by writing to:

Communications Services
Forestry Canada – Ontario Region
P.O. Box 490
Sault Ste. Marie, Ontario, P6A 5M7
Telephone: (705) 949–9461
FAX: (705) 759–5700

When requesting unpublished reports, please quote the full report title and the COFRDA project reference number.

SILVICULTURE AND FOREST MANAGEMENT

Examination of Stand Structure and Development in Second-growth Black Spruce Forests.

Project reference number:	33001
Investigator/contractor:	Horton Forestry Services, Stouffville, Ontario.
Scientific authority:	A. Groot, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To examine the age, size and spatial structure of second-growth black spruce forests in northeastern Ontario.

2. Through stem analysis, to determine the origin and examine the development of the trees now present in second-growth black spruce forests in northeastern Ontario.

DESCRIPTION:

Large-scale harvesting of black spruce forests began as early as 70 years ago in northeastern Ontario. Although specific measures to ensure regeneration after harvesting were rarely applied at that time, well stocked second-growth forests of black spruce have nevertheless developed in many areas. In some cases these stands are now several decades old. Black spruce advance growth is frequently abundant in many peatland forests, and some second-growth forests appear to have developed largely from advance growth that was already present in the understory when the stands were harvested. Despite this fact, preservation of advance growth is not a well accepted regeneration method, and has received scant systematic study. This project was conducted to determine whether careful logging to preserve advance growth might be an appropriate regeneration strategy for black spruce on lowland peat sites.

The study was conducted in the Northern Clay Section (B.4) of the Boreal Forest Region (Rowe 1972), and focused on natural and second-growth stands occurring in five operational groups of the Forest Ecosystem Classification for the Claybelt of Northeastern Ontario (Jones et al. 1983), representing lowland peat sites. In total, 26 second-growth stands in the vicinity of Iroquois Falls (49°00'N, 80°30'W) and Kapuskasing (49°30'N, 82°20'W) were examined, all harvested in the 1920s and early 1930s. For comparison, 14 natural stands were also examined.

Black spruce advance growth (A. Groot)

Measurements (i.e., tree height, diameter, form, age, distribution, presence of decay) were designed to compare the origins, spatial structure, productivity and quality of second-growth and natural stands. In particular, the aim was to understand the contributions of advance growth, residuals, and post-cut seedlings to the development and composition of these forests. Ground measurements were supplemented by stem analysis of felled sample trees, using the computerized Tree Ring Increment (TRIM) system (Fayle et al. 1983). This system provides a comprehensive analysis of height, diameter and volume growth throughout the life of an individual tree, enabling height-age, diameter-age, diameter-volume and other growth relationships to be established.

PROGRESS:

The results indicate that most of the trees now present in second-growth stands of black spruce originated from suppressed understory trees of various ages left undisturbed by horse logging. Over 80% of present trees taller than breast height already existed as advance growth in the understory at the time of harvest. These trees now comprise more than 90% of the standing volume.

Black spruce advance growth responded to release within 5 to 10 years of harvesting, and produced good second-growth stand volumes (124 to 211 m^3/ha, depending on site) in a relatively short time. Trees in all size classes responded to the release provided by removal of the overstory, but the response was inversely related to tree size, with the smallest trees showing the greatest growth response. The resultant stands were largely uneven aged, whereas only half of the natural stands examined were uneven aged. Second-growth stands were similar to natural stands in terms of stem form and spatial distribution of the crop trees (essentially random), and both had a low incidence of stem rots and decay. However, second-growth stands generally had a higher proportion of small stems than did natural stands.

Because of the ability of black spruce to survive for long periods in a suppressed state, disturbances of the overstory can release advance growth that varies considerably in age, thereby contributing to an uneven-aged stand structure. This suggests that some stands of black spruce on lowland peat sites could be managed as uneven-aged forests. However, with modern mechanized systems of pulpwood logging, clearcutting is the standard method for harvesting such stands. This project has shown that, where abundant on peatland sites, black spruce advance growth can respond well after removal of the overstory and develop into productive second-growth stands. Preservation of advance growth could be especially useful for the regeneration of less accessible sites. The question is whether modern harvesting techniques can be modified to preserve advance growth to the same extent as earlier harvesting methods in order to take advantage of this "free" regeneration capability.

Completion date: March 31, 1988.

REPORTS:

Horton, B.J. and Groot, A. 1987. Development of second-growth black spruce stands on peatlands in northeastern Ontario. File Rep. 30 p.

Horton, B.J. and Groot, A. 1988. Age and size structure of natural and second-growth black spruce peatland stands in northeastern Ontario. File Rep. 25 p.

KEYWORDS:

advance growth, black spruce, forest ecology, forest ecosystem classification, forest management, layering, natural regeneration, peatlands, second-growth forest, spatial distribution, stand dynamics, stand structure, TRIM system

Direct Seeding of Black Spruce on Upland Sites in Northwestern Ontario.

Project reference number:	33006
Investigator/contractor:	Matcam Forestry Consultants Inc., Sault Ste. Marie, Ontario.
Scientific authority:	R.L. Fleming, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To examine the suitability of different seedbed and microsite types for black spruce germination, growth and survival on a range of upland black spruce sites.

2. To determine, through a series of comparative field trials, the timing, number and rates of aerial seedings needed to regenerate scarified upland sites with various quantities and distributions of favorable seedbed.

Aerial seeding of black spruce (R. Fleming)

DESCRIPTION:

Regeneration of upland black spruce forest after harvesting is problematic. Adequate natural regeneration, either from seed or advance growth, seldom occurs after harvest, and treatment is usually necessary to ensure that cutovers are returned to a productive state. Many of these cutovers could be planted, but this is quite costly and is not always reliable. Direct seeding has great potential as an economical alternative to planting, especially for large-scale application on sites of medium productivity. However, direct seeding has generally failed to produce adequately stocked stands, and its operational use has been largely discontinued pending elucidation of the ecological requirements for successful seedling establishment. Research has shown that inadequate site preparation and unsuitable seeding regimes are two of the most important factors that limit the success of black spruce seeding on upland sites.

Trials were initiated under a previous forestry agreement (Canada–Ontario Forest Management Subsidiary Agreement, Project No. 585027) to refine seedbed prescriptions for site preparation on upland sandy tills in northwestern Ontario, and to determine the optimum seedbed/microsite conditions and sowing rates needed to ensure satisfactory black spruce regeneration. Two broad approaches have been taken in these trials, all located in the Thunder Bay district. One was to monitor the germination, seedling survival and development in hand-sown seedspots on specific seedbed types. Changes over time in the condition and receptivity of the seedbeds were also monitored. The second approach was to establish semi-permanent assessment quadrats on various scarified areas aerially seeded at four seeding rates (0, 50,000, 100,000 and 150,000 seeds/ha). Within each quadrat, assessments of seedbed type, vegetation condition, and seedling stocking, density, survival and growth were conducted in the first, second, third, fifth and seventh years after seeding.

A supplementary study attempted to determine the value of cone-bearing slash in regenerating upland black spruce sites. Through cone collections, seed extraction and germination tests, the study provided information on the length of time during which viable seed is released and in what amounts.

PROGRESS:

This project provided personnel and equipment to conduct the assessment and data collection component of the ongoing Forestry Canada program, outlined above. The contractor conducted the annual field assessments of approximately 7500 seedspots and 3500 quadrats, entered the data in computer files, and carried out preliminary summaries and analyses of data. Also, he was responsible for the upkeep and maintenance of all experiments. In addition, the contractor carried out cone measurements, seed extraction and germination testing related to the cone study.

Responsibility for final analysis, interpretation and publication of the results of this project rests with the scientific authority. Preliminary examination of the data demonstrates the critical importance of available moisture for successful direct seeding of black spruce on upland sites. Seedling establishment rates improved as the moisture regime of the site increased, with the best results on seedbeds that exposed the mineral soil-humus interface. Good site preparation is crucial for aerial seeding, and should create an even distribution of suitable seedbed types over the entire project area. Although an increase in seeding rate usually results in improved establishment rates and stocking levels, higher seeding rates cannot compensate for inadequate site preparation. Seeding in the first year after scarification generally produced the best results, for seedbed receptivity tended to decline as the seedbed aged.

Data from the seedbed/microsite experiments will be used to construct a quantitative ranking of upland seedbed types that describes optimum, satisfactory and unsatisfactory seedbeds. The results will be correlated with seedbed distribution data from scarified sites to determine interactions between seeding rate and seedbed distribution. Together, the seedbed microsite and aerial seeding experiments will indicate the probability of stocking success on different sites in terms of various combinations of seedbed exposure and the timing, rate and number of aerial seedings. Two reports are planned: (i) a scarification guide based on interactions among seedbed, microsite and site type, and (ii) a paper on aerial seeding that emphasizes the relationships between seeding prescriptions and seedbed availability.

Completion date: March 31, 1989.

REPORTS:

Anon. 1985, 1987 and 1988. Contractor's reports: Black spruce seeding assessment on upland sites in NW Ontario. Matcam Forestry Consultants Inc. File Reps. 2 p. + appendices, 3 p. + appendices and 6 p., respectively.

Anon. 1989. Final contractor's report: Direct seeding of black spruce on upland sites in Northwestern Ontario. Matcam Forestry Consultants Inc. File Rep. 8 p. + appendices.

Mossa, D. and Fleming, R.L. 1989. Direct seeding of black spruce on upland sites. p.16 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

aerial seeding, artificial regeneration, black spruce, direct seeding, germination, microsite, seed testing, seedbed, seedling growth, seedling survival, site preparation, vegetation competition

The Effect of Microsite Compaction on the Success of Jack Pine and Black Spruce Direct Seeding in Northwestern Ontario.

Project reference number:	33010
Investigator/contractor:	KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ontario
Scientific authority:	V.F. Haavisto, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To determine the effects of pre- and post-sowing seedbed compaction on the emergence of jack pine and black spruce germinants on different boreal forest sites.

DESCRIPTION:

Direct seeding can be an inexpensive artificial regeneration technique, but is not without its problems. Although success rates have been quite acceptable for jack pine, variable germination often presents problems for the control of seedling and stand density. Direct seeding of black spruce has generally given inconsistent results. Nevertheless, in recent years, high planting costs have rekindled interest in direct seeding as a lower cost regeneration option for inaccessible or non-prime sites.

To avoid the problems of density control associated with broadcast seeding, spot seeding by hand or machine is sometimes favored. For example, the Bräcke cultivator with a sowing attachment creates a slightly mounded scalp at fixed spacings and delivers seed in a one-pass operation. Good stocking of jack pine, sown in spring at 15 seeds per Bräcke scalp, has been achieved in northwestern Ontario, although others have reported less consistent results. The results with direct-seeded black spruce, even at higher seeding rates, have been discouraging.

This project investigated the use of seedbed compaction as a potential means for improving the success of and reducing the seed requirement for direct seeding. Earlier observations (Van Damme 1984) had indicated improved results where the Bräcke scalp was compacted after sowing. It was felt that the superior germination and seedling establishment on compacted scalps was probably a result of better seed/soil contact and the reduced risk of seed loss from the scalp by soil erosion or burial.

Bräcke mounder (B.C. Min. For.)

In the present research, black spruce and jack pine were hand sown at the rate of 5 viable seeds per scalp on Bräcke-prepared mounds at three sites, approximately 40 km northeast, 250 km west and 350 km northwest of Thunder Bay, Ontario, respectively. The sites, mostly supporting mixed conifer stands of primarily jack pine and black spruce, had been harvested in 1985 and 1986 and site prepared in May 1986. Soil textures differed for each location, and ranged from coarse sands to deep silts with different moisture-retention properties.

Within each species block, seedbed treatments comprised a control (no compaction of the scalp surface) and scalps compacted either before or after sowing, with either a flat or an inverted pyramidal wooden surface. The latter left pyramidal indentations in the seedbed, producing a "corrugated" surface. Four sowing dates were superimposed upon these seedbed treatments: mid-May, early June, late June and late July of 1986. Seedling stocking was determined at the end of the first (1986) and second (1987) growing seasons.

PROGRESS:

The results for jack pine were encouraging. Based on the sowing of 5 seeds per scalp, stocking at the end of the first growing season ranged from 50 to 70%, depending on the soil type. The best results were obtained on the moist site. By the end of the second year, stocking had decreased to 50% on the moist site, but had increased to 66% on the driest site. However, as the seed spots were assessed only at the end of each growing season, these figures may underestimate total germination; seeds may well have germinated but the seedlings died before the fall assessments were made. The results suggest that seed viability may not be retained beyond the first growing season under more moist site conditions. At the same time, there does not appear to have been much natural "seeding-in" of jack pine on these moist sites, as seems to have occurred on the dry sites, perhaps because cones did not open to the same extent.

Seedbed compaction increased the percentage of stocked scalps from 47% to 62%, but there were no significant differences between pre-sowing compaction treatments and those in which compaction followed sowing. Compaction with the pyramidal surface improved stocking somewhat compared to compaction with a flat surface, perhaps because the pyramidal indentations afforded some microenvironmental benefits.

Sowing date had a very significant effect on the success of seeding. The earliest sowing date produced the best overall results at the end of the first growing season, and this superiority was maintained up to the end of the second growing season.

The results for black spruce clearly show the need for a continuous moisture supply to ensure seedling establishment. Because of poor germination and/or early survival at the two driest locations, the data for these plots were omitted from the final analysis. On the moist site, the soil of which had a high organic content, control scalps had 52% stocking at the end of the first year. Seedbed compaction appeared to have no beneficial effect on this site; stocking ranged from 44 to 54%. In all treatments, the percentage of stocked scalps decreased significantly (30 to 50% reduction) by the end of the second growing season.

With the high costs of planting, direct seeding is likely to be used more frequently in the future. The results indicate that site, soil type and sowing date can significantly influence the success of spot seeding. Establishment of black spruce by direct seeding can be problematic on mineral soils, perhaps because seedlings are unable to withstand the extremes in soil-surface microclimate on exposed cutovers. In jack pine, however, it seems that the success of direct seeding can be improved by seedbed compaction. Also, compaction may serve to extend the effective sowing date for this species. Development of seedbed compaction devices for mechanized seeding equipment would therefore appear to be warranted.

Completion date: September 30, 1989

REPORTS:

Van Damme, L.W. 1989. Microsite soil compaction enhances the success of jack pine direct seeding. p. 15 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Van Damme, L.W., Buse, L. and Warrington, S. 1989. Final report: The effect of microsite compaction on direct seeding success of jack pine and black spruce in northwestern Ontario. File Rep. 36 p.

KEYWORDS

artificial regeneration, black spruce, Bräcke seeding, direct seeding, germination, jack pine, microsite, microsite compaction, seedbed, seedbed compaction, seedling survival, site preparation, sowing date

Post-harvesting Silvicultural Techniques to Enhance the White Pine and Red Oak Components of Shallow-site Forests in Central Ontario.

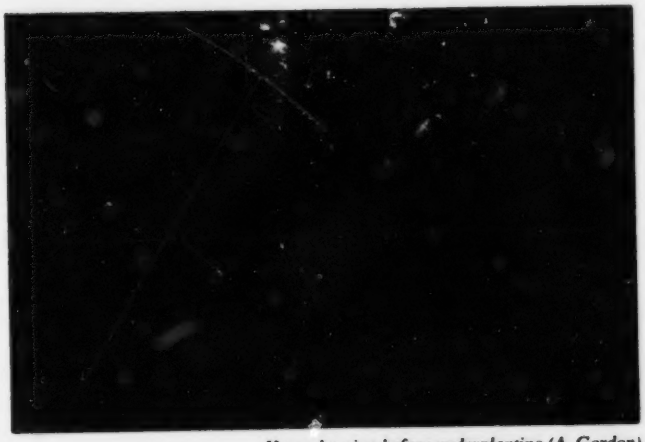
Project reference number: 33012

Investigator/contractor: Dr. A.M. Gordon, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario.

Scientific authority: Dr. H.W. Anderson, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVE:

To investigate the use of shelterwood cutting in conjunction with underplanting and (a) herbicide treatment (glyphosate) or (b) prescribed fire to maintain and/or enrich the white pine and red oak components of forests on shallow-soil sites in central Ontario.



Horse-logging before underplanting (A. Gordon)

DESCRIPTION:

In the Bracebridge area of central Ontario, large areas of shallow sandy loams over granitic bedrock support low-quality hardwood forest comprising such species as ironwood, white ash, sugar maple, beech and red oak. Red oak is generally the most valuable component of this forest. A substantial portion of these shallow sites also supports a mixed forest made up of yellow birch, sugar maple, largetooth aspen, red oak, white pine and white spruce.

Although these areas are included in annual allowable cut calculations, they are not harvested on a large scale because of problems associated with their regeneration. Site preparation by scarification is problematic on these shallow soils, and weed competition after harvest can present difficulties for regeneration.

The best results with planting of white pine have been obtained in shelterwood or mixed-species situations that provide shade to the pine leaders. White pine is very susceptible to weevil damage, especially when grown in the open, and the shade encourages thin leaders, which deter weevil attack. Red oak can also be successfully established by underplanting (Johnson 1984). However, the successful re-establishment of both species is often dependent upon control of competing vegetation, either by fire (Methven 1971, Nyland et al. 1983) or herbicides.

This project investigates the use of fire or herbicides in combination with shelterwood cutting to regenerate white pine and red oak by underplanting on shallow-soil sites in the Bracebridge district. Although some underplantings had previously been carried out in the district, mostly on deep soil types, these had met with mixed success. It was hypothesized that a combination of treatments might be the key to the regeneration of shallow-soil sites.

PROGRESS:

The experimental area near Bracebridge, Ontario (Ontario Site Region 6E [Hills 1959]) was horse-logged in the winter of 1985 for sugar maple, leaving about 60% of the original overstory and a residual basal area of approximately 13.8 m^2/ha (60 ft^2/acre). The original

stand consisted of low-quality sugar maple, with some ash present in the overstory.

White pine and red oak were underplanted beneath the residual stand in the spring of 1986. The main experiment tested all possible combinations of stock type (red oak 1+0 and 1+1; white pine 2+1) and competition control treatment (prescribed burn, herbicide, untreated control), replicated three times. Sixty-four graded seedlings of each stock type were planted in each experimental cell. The herbicide (glyphosate) was applied at the rate of 2.0 g a.i./L around each tree after leaf flush in 1986 and 1987, and again in the summer of 1987. The prescribed burn was carried out in the spring of 1987 and destroyed a large proportion of the maple competition. The planted oak and pine suffered heavy damage in the burned areas, but the oak resprouted vigorously. (The experimental design did not allow for individual cells to be be burned; a strip burn was carried out across all stock-type treatments, and high mortality of pine was expected. Pines were replanted after burning.) In the spring of 1988, half of the red oak seedlings in all treatment cells were clipped to stimulate resprouting.

Oak seedlings subjected to burning initially responded with increased height growth compared to control and herbicide treatments, with most new shoot growth originating from the root collar. However, this was a temporary phenomenon and new shoot growth in burned seedlings was equal to that of the control by 1988, regardless of stock type. Because of dieback in the burned seedlings, total seedling heights at the end of 1988 were the same. The use of glyphosate, although effective in removing competing vegetation, reduced height growth in both stock types in relation to the untreated control. On the other hand, clipping stimulated rapid height growth in all treatments, and the growth of sprouts often exceeded 0.7 m.

Preliminary results indicate that shelterwood cutting followed by underplanting with red oak and white pine is a viable silvicultural option in low-quality sugar maple stands on shallow-soil sites. The use of fire or herbicide for competition control, and of clipping to stimulate height growth in oak, shows promise, but final evaluation must await removal of the overstory.

Completion date: March 31, 1990

REPORTS:

Cann, J.G. 1988. The use of ozalid paper light meters to determine light under a forest canopy. B.Sc.F. thesis. School of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay, Ont. 26 p.

Cann, J.G., Gordon, A.M. and Williams, P.A. Prescribed burning to enhance growth of underplanted northern red oak seedlings after shelterwood cutting: effect of burn intensity. *In* Proc. Fourth Workshop on Seedling Physiology and Growth Problems in Oak Plantings. Columbus, Ohio, March 1–2, 1989. USDA For. Serv., St. Paul, Minn. (in press)

Gordon, A.M. 1988. Graded northern red oak planting stock: dimensions and outplanting performance. Tree Planter's Notes 39(4):33–35.

Gordon, A.M. Post-harvesting silvicultural techniques to enhance the red oak component of shallow-site forests in central Ontario. *In* Proc. Fourth Workshop on Seedling Physiology and Growth Problems in Oak Plantings. Columbus, Ohio, March 1–2, 1989. USDA For. Serv., St. Paul, Minn. (in press)

Gordon, A.M. 1989. Post-harvest silvicultural techniques to enhance the red oak component of hardwood forests. p. 24 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

artificial regeneration, bareroot stock, fire, glyphosate, herbicide, planting, prescribed burning, red oak, seedling growth, seedling survival, underplanting, vegetation competition, weed management, white pine

Assessment and Growth Analysis of Jack Pine and Black Spruce on Simulated Bräcke Mounds.

Project reference number:	33026
Investigator/contractor:	KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ontario.
Scientific authority:	Dr. R.F. Sutton, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To collect fifth-year growth and survival data from jack pine and black spruce outplanted on microsites created with the Bräcke scarifier and on simulated Bräcke mounds in the boreal forest of Ontario.

2. To prepare a final summary report on all growth and survival data collected during assessments from 1980 through 1986.

Jack pine on simulated Bräcke mound (R. Sutton)

DESCRIPTION:

In 1979, under Canada–Ontario Forest Management Subsidiary Agreement (FMSA) Project No. 58?031, the Ontario Ministry of Natural Reources initiated a study of soil mounding as a site preparation method for the establishment of black spruce and jack pine plantations. Some of the potential benefits claimed for mounding (Sutton 1984) include improved initial root growth in response to increased soil temperatures, improved nutrient supply, improved air/water balance in wet soils, improved light conditions, and reduced competition from surrounding vegetation.

Black spruce and jack pine bareroot stock ($1^1/_2 + 1^1/_2$ and 2+0, respectively) were spring-planted at various locations across northern Ontario from 1980 through 1982 as part of an experiment to assess the value of Bräcke mounding for establishing these species under boreal conditions. Five kinds of planting microsite were investigated: an unscarified control; the shoulder of a normal Bräcke scalp; the bottom of a Bräcke scalp; a soil mound (simulating the mound made by a Bräcke mounder) placed on the mineral soil shoulder of the Bräcke scalp; and a similar mound placed on the primarily organic substrate scuffed out of the scalp created by the Bräcke scarifier.

The fieldwork for the above study was carried out by the contractor, with the scientific authority responsible for statistical analysis of the data and reporting of the results. Field performance from planting through five growing seasons had already been determined for the 1980 and 1981 plantings under the FMSA. This COFRDA project provided for the collection of final fifth-year data from the youngest (1982) eight plantations in the study, and for preparation of a final summary report on all data pertaining to this mounding study.

PROGRESS:

During the fall of 1986, fifth-year remeasurements and assessments were conducted on all eight 1982 plantings at four locations in northwestern Ontario (White River, Thunder Bay, Ignace, and Savant Lake). Assessments included seedling morphological condition and survival, total height, fifth-year height increment, root collar

diameter, degree of root exposure, degree of stem lean, and tree stability class.

The collected data, in specified format on the data sheets provided, was the principal output from this project. In addition, the contractor entered data from all plantings into computer files at Forestry Canada, Ontario Region, produced summary statistics, and ran preliminary statistical analyses on the data. Responsibility for final analysis, interpretation and reporting of the results of this study rests with the scientific authority.

Taken as a whole, the data (from 11 plantations per species) indicate that mound-supplemented patch scarification increased growth of jack pine and black spruce seedlings from outplanting through the fifth growing season. However, patch scarification without mounding gave results that were not significantly poorer than with mounding when the trees were planted on the shoulder of the scalp. Mounding did not improve survival rates. The extra expense of mounding does not seem to be warranted.

Completion date: December 31, 1987.

REPORTS:

Sutton, R.F. 1983. Root growth capacity: relationship with field root growth and performance in outplanted jack pine and black spruce. p. 111–122 *in* D. Atkinson, K.K.S. Bhat, M.P. Coutts, P.A. Mason and D.J. Read (Ed.), Tree Root Systems and Their Mycorrhizas. Nijhoff/Junk, The Hague, The Netherlands.

Sutton, R.F. 1984. Mounding site preparation: evaluation of jack pine outplantings in a boreal Ontario study. p. 66–77 *in* C.R. Smith and G. Brown (Co–chairmen), Jack Pine Symposium. Dep. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. COJFRC Symposium Proceedings O–P–12.

Sutton, R.F. 1987. Root growth capacity and field performance of jack pine and black spruce in boreal stand establishment in Ontario. Can. J. For. Res. 17(8):794 804.

Sutton, R.F. and Weldon, T.P. 1989. Mounding site preparation: evaluation of jack pine and black spruce outplantings in a boreal Ontario study. Five-year results. p.19 *in* Smith, G.K.M. and Bates, D. (Cochairmen). Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. Forestry Canada, Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Van Damme, L. 1986. Report on data collection methods and field observations for the Ontario mounding trials, 1982 plantations. KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ont. File Rep. 8 p. + appendices.

KEYWORDS:

artificial regeneration, bareroot stock, black spruce, Bräcke mounding, jack pine, microsite, mounding, planting, seedling growth, seedling survival, site preparation

Effects of Forest Drainage on the Hydrology of Black Spruce Swamp and Low-ground Sites.

Project reference number:	33029
Investigator/contractor:	G.J. Berry, Sault Ste. Marie, Ontario.
Scientific authority:	Dr. J.K. Jeglum, Forestry Canada, Ontario Region, Sault. Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To determine the effects of drainage in forested and clearcut peatlands upon groundwater levels, streamflow, and surface and groundwater chemistry.

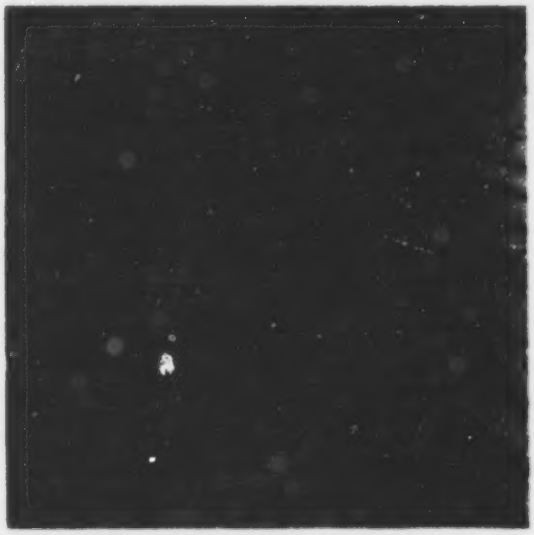
2. To determine the effects of harvesting upon groundwater levels and the chemistry of undrained peatland sites.

DESCRIPTION:

In the Claybelt of Ontario, where black spruce comprises 50% of the merchantable forest, the sites that have the greatest growth potential are the richer peatlands and moist mineral-soil sites. These sites are inherently fertile, and require only drainage to increase forest growth to a level potentially comparable with that of the better "prime sites".

In 1984 the Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry Canada, Ontario Region initiated a cooperative study of forest drainage in a 1,099-ha area of lowland black spruce forest at Wally Creek, 26 km east of Cochrane, Ontario. The objectives were to assess the costs and economic feasibility of peatland drainage, to document tree growth responses to drainage and fertilization, and to evaluate the environmental impacts on various components of the ecosystem (Rosen 1986). The Wally Creek Area Forest Drainage Project has become the focus for a major multi-agency program of research into peatland forest drainage, recently summarized by Jeglum (in press).

This project represents one of several environmental impact studies being conducted in the Wally Creek drainage area. It attempts to quantify the hydrological balance for drained and undrained sites (inputs, outflows, water storage), as well as the effects of drainage on water quality.



Portion of Wally Creek Forest Drainage Project (J. Jeglum)

Within four Operational Groups (OGs) of the Forest Ecosystem Classification for the Claybelt of Northeastern Ontario (Jones et al. 1983), a total of 489 water-depth wells were located in forested and clearcut areas drained at various ditch spacings. Water levels have been monitored from May to October in each of the years 1986 to 1989. At the same time, the surface water on forested areas has been sampled throughout the frost-free period for analysis of physical (e.g., suspended solids) and chemical properties (e.g., trace metals). In 1988, suction lysimeters were installed to sample groundwater in the rooting zone.

The effects of drainage on streamflow are being determined by comparing two forested drained basins with two forested undrained basins. Rainfall intercepted by the forest canopy, which affects streamflow, is also being measured.

The impact of harvesting on the hydrology of undrained peatlands is being studied by means of a grid of water-depth wells installed across the boundary between adjacent forested and clearcut areas. Water-level recorders give continuous measurements of water-table fluctuations. In addition, a block of forest scheduled for future harvest has been equipped with water-depth wells and suction lysimeters. Pre-harvest water-level and groundwater chemistry data will be compared with post-harvest data to evaluate the effects of harvesting.

PROGRESS:

Preliminary results show that drainage increased average depths to groundwater in all OGs, with increases ranging from 1 to 48 cm. Depth to water decreased with increasing distance from the ditch at all ditch spacings, although for any given distance the mean depth to water usually decreased as spacing increased. On the basis of these findings, optimum ditch spacings appear to range from 30 m for wet sites to 60 m for drier sites.

Drainage did not significantly affect the quantity or pattern of streamflow during the snow-melt period. However, during the snow-free period, drainage caused slightly increased flows and a quicker response to precipitation events.

Data for surface water chemistry show similar year-to-year values, both in the amounts and in the ranking of collection sites. In general, undrained sites had lower levels of dissolved ions, with the highest levels occurring at sites that directly sampled drainage ditch water. On the few occasions when water quality guidelines were exceeded, both drained and undrained sites exceeded the limits, indicating high natural background levels. Overall, however, drainage has not had a significant adverse effect on downstream water quality.

In the harvesting experiment, clearcutting appears to have had little effect on groundwater levels. Measurements have shown little or no difference in depth to water between forested and clearcut conditions within 60 m of the harvest boundary, and both conditions have responded similarly to wetting and drying.

The information generated by this project will contribute important information to the hydrological component of the environmental impact assessment that is required before drainage of forested peatlands can become an operational procedure.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Berry, G.J. 1989. Water table profiles and surface-water quality of drained black spruce peatlands. p. 70 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Berry, G.J. Effects of forest drainage on surface water quality of black spruce peatlands. *In* Proc. Symposium '89: Peat and Peatlands, Quebec City, Que., August 6–10, 1989. Can. Soc. Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia. (in press)

Berry, G.J. and Jeglum, J.K. 1988. Water table profiles of drained forested and clearcut peatlands in Northern Ontario, Canada. p. 72–79 *in* Vol. 2: Proc. Symp. on the Hydrology of Wetlands in Temperate and Cold Regions, Joensuu, Finland, June 6–8, 1988. Academy of Finland, Helsinki, Publ. 5/1988.

Bodley, C.L., Jeglum. J.K. and Berry, G.J. 1989. A probe for measuring depth to water surface in wells. Can. J. Soil Sci. 69:683–687.

Pawson, G.A. 1989. Peatland drainage: influences on water quality and water tables. Ont. Min. Nat. Resour., Northern Forest Devel. Gr., Timmins, Ont. On Line 5(1):7–8

KEYWORDS:

black spruce, forest drainage, forest ecosystem classification, groundwater, harvesting, hydrology, peatlands, peatland drainage, streamflow, water quality

Mycorrhizal Development in Container Seedlings.

Project reference number:	33002
Investigator/contractor:	M.H.R. Browning, Sault Ste. Marie, Ontario.
Scientific authority:	Dr. R.D. Whitney, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To determine the effect of site on the rate of colonization of container seedlings by naturally occurring ectomycorrhizal fungi.

2. To determine the effect of inoculation with various ectomycorrhizal fungi on mycorrhizal development and seedling growth of jack pine and black spruce.

3. To compare the survival and early growth rates of mycorrhizal and non-mycorrhizal black spruce and jack pine container stock on soils of high and low nutrient status.

Mycorrhiza on jack pine root (M. Browning)

DESCRIPTION:

Ectomycorrhizae have been shown to improve drought tolerance and uptake of phosphorus and ammonium nitrate in tree seedlings. The root systems of containerized spruce and pine seedlings grown under intensive greenhouse culture usually lack ectomycorrhizae at the time of outplanting. This may place them at a disadvantage on certain sites until their roots become colonized by native ectomycorrhizal fungi. Little is known of the time required for mycorrhizae to develop on container stock following outplanting, or of the effects of site type and condition upon formation of ectomycorrhizae. Many different species of septate fungi can form ectomycorrhizae on jack pine and black spruce, and it has been suggested that artificial inoculation of seedlings with ectomycorhhizae could improve the survival and early growth of outplanted container stock.

The objectives of this project are being addressed through three sets of experiments, *viz.*:

1. Uninoculated jack pine paperpot seedlings were outplanted on six sites with soils ranging from a dry sand to a wet clay. Seedling samples were harvested at each site 7, 14 and 52 weeks after outplanting; care was taken to collect the whole root system. Measurements were made of shoot and root growth, and of the number and types of ectomycorrhizae present.

2. Seedlings of jack pine and black spruce were inoculated with liquid cultures of fragmented hyphae of 16 different fungi, and were harvested for evaluation after being grown for a further 16 weeks in growth chambers. The influence of two watering regimes and two nutrient regimes on the formation of ectomycorrhizae was tested in a factorial design.

3. Jack pine and black spruce seedlings were inoculated with one of four ectomycorrhizal fungi or were not inoculated. After 13 weeks in the greenhouse, seedlings were outplanted either on a rocky loam, a dry sand (jack pine), or a drained peatland site (black spruce). Seedling samples were harvested 11 weeks after outplanting to determine the growth response of treated seedlings and the influence of site on this response. A second harvest is planned for about 60 weeks after outplanting.

PROGRESS:

The most rapid colonization of uninoculated jack pine paperpot stock by native ectomycorrhizal fungi occurred on the dry-sand site. There was a lag in formation of mycorrhizae on the scarified rocky loam and the wet clay site. The undrained peat had the lowest diversity of ectomycorrhizal types, whereas the drained peat had a much higher diversity.

Inoculation of jack pine with *Rhizopogon rubescens*, *Laccaria bicolor*, *Hebeloma cylindrosporum*, or *Pisolithus tinctorius* resulted in higher short-root densities compared with uninoculated seedlings. Similarly, short-root densities of black spruce were increased by inoculation with *L. bicolor*, *H. cylindrosporum*, or *Thelephora terrestris*. Inoculation of jack pine with *R. rubescens* and of black spruce with *Laccaria proxima* or *H. cylindrosporum* resulted in larger shoot/root dry-weight ratios. Black spruce inoculated with *L. proxima* had larger shoot weights whereas inoculation with *H. cylindrosporum* resulted in smaller root weights compared with uninoculated seedlings. Inoculation was successful only when total phosphorus additions to seedlings were kept below levels currently used in nursery operations.

Jack pine inoculated with *L. proxima* had greater shoot weights than jack pine of all other fungal treatments 11 weeks after outplanting. This was true on both the dry sand and the rocky loam. In contrast, black spruce inoculated with *L. bicolor* had lower shoot weights than seedlings in other fungal treatments on both planting sites. An interaction between fungal treatment and site was present in black spruce. Thus, on the peatland site, relative growth rates for shoot height were higher in spruce inoculated with *L. bicolor* than for those inoculated with *L. proxima*. On the rocky loam, however, seedlings inoculated with *H. cylindrosporum* had larger relative shoot growth rates than those inoculated with either *L. bicolor* or *L. proxima*.

Wet planting sites and sites that are highly disturbed prior to planting would likely benefit most from the use of inoculated container stock. Inoculation with ectomycorrhizal fungi can increase short-root densities and shoot/root ratios in both jack pine and black spruce. These responses by the host tree may bring about improved seedling survival and growth following outplanting. However, although mycorrhizal inoculation of jack pine and black spruce container stock can be successful, it will require changes in phosphorus fertilization during the nursery phase.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Browning, M.H.R. and Whitney, R.D. 1987. Root growth and ectomycorrhizal colonization of outplanted containerized *Pinus banksiana*. p. 86 *in* D.M. Sylvia, L.L. Hung and J.H. Graham (Ed.), Mycorrhizae in the next decade. Practical applications and research priorities. Inst. Food and Agric. Sci., Univ. Florida, Gainesville.

Browning, M.H.R. and Whitney, R.D. 1989. Ectomycorrhiza development in container seedlings. p. 62 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Browning, M.H.R. and Whitney, R.D. Responses of outplanted conifer seedlings to inoculation with selected species of ectomycorrhizal fungi. Can. J. Plant. Pathol. (abstract in press)

KEYWORDS:

artificial regeneration, black spruce, container stock, ectomycorrhizae, fertilization, jack pine, mycorrhizae, nursery production, root development, seedling growth, seedling nutrition

Estimating Buffer Zones Required for Ultra-low-volume Glyphosate Applications for Conifer Release.

Project reference number:	33023
Investigator/contractor:	Mrs. V. Manniste–Squire, Sault Ste. Marie, Ontario. (Objective 1) Drs. G. Hofstra and R.A. Fletcher, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario. (Objective 2)
Scientific authority:	Dr. N.J. Payne, Forestry Canada, Forest Pest Management Institute, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To quantify spray drift from ultra–low-volume glyphosate applications in forestry.

2. To quantify the phytotoxicity of sublethal glyphosate deposits on sensitive forest weed species.

DESCRIPTION:

Micronaire ULV atomizers mounted on spray plane (N. Payne)

The use of ultra-low-volume (ULV) sprays provides an opportunity for reducing the cost of aerially applied herbicides in forestry. Earlier studies suggest that such low-volume applications are just as effective as conventional high-volume techniques in controlling unwanted vegetation. However, ULV applications employ smaller droplet sizes than high-volume applications, which increases the possibility of negative environmental impacts.

Provincial regulations provide for the establishment of buffer zones around sensitive areas during spraying to minimize environmental damage. Despite these regulations, herbicide deposits may be found in habitats adjacent to the treatment area. However, because off-target deposition is attenuated with increasing distance from the application zone, significant environmental impact may be avoided with appropriate buffering.

The purpose of this project is to provide the necessary data for estimating the size of buffer zone required to prevent herbicide damage to non-target plants by ULV applications of glyphosate (registered for silvicultural use under the trade name "Vision®"). The research has two components: one to quantify off-target deposition by spray drift from ULV glyphosate applications, the other to measure the phytotoxicity of sublethal glyphosate deposits in sensitive plants.

Drift trials were carried out on a 1980–1981 cutover near Lowther, Ontario during July and August of 1987. The naturally regenerating site bore speckled alder, black spruce, willow and trembling aspen, and the canopy height varied between 1 and 3 m. Three aerial glyphosate application strategies were tested: one, frequently used by the Ontario Ministry of Natural Resources, which employs a D8–46 hydraulic nozzle and an application rate of 35 L/ha, and two others designed for this research, which employ Micronaire AU 5000 and Thru–Valve Boom atomizers with 20 L/ha application rates. The atomizers were mounted on a fixed-wing aircraft.

The maximum recommended glyphosate application rate for forestry (2.1 kg a.i./ha) was used in each trial. Median diameters of spray droplets released were about 300 and 200 microns, respectively, for the hydraulic nozzle and the other application techniques. Airborne glyphosate and off-target deposits on artificial foliage and ground sheets were measured at various distances between 50 and 400 m downwind. Glyphosate residues and those of its major metabolite, aminomethylphosphonic acid, were quantified by means of high-performance liquid chromatography.

Measurements of the sublethal effects of glyphosate were made on pin cherry and trembling aspen. These species are sensitive to glyphosate and generate data that provide a conservative estimate of buffer requirements. Ground-based glyphosate applications were made at various rates between 2 and 100% of the maximum recommended rate on small plots located in the Kirkwood forest, near Thessalon, Ontario. Phytotoxic effects were assessed by measurements of foliar injury, growth reduction, foliar shikimic acid content, chlorophyll-a fluorescence and pigment concentration.

PROGRESS:

The drift trials were completed successfully and residue analyses have been carried out. Airborne glyphosate and off-target deposit measurement data have been analyzed by Dr. N.J. Payne of the Forest Pest Management Institute, Forestry Canada, in preparation for modeling.

Phytotoxicity measurements on plants sprayed in August 1987, 1988 and 1989 have been made at various times. Measurements of chlorophyll-a fluorescence and pigment concentration were too variable to be of value. However, the other assessment methods used were found to be reliable indicators of phytotoxic effects at all application rates.

Data from these two research components will be brought together in a mathematical model by Dr. Payne, to estimate the buffer width required to protect off-target plants from significant injury (Payne et al. 1987). The model will use the drift trial results to calculate off-target foliar deposits for an operational, multiple-swath application situation. The biological significance of the predicted foliar glyphosate deposits will then be assessed in relation to the measurements of sublethal glyphosate effects on sensitive tree species. The required buffer width will be estimated on the basis of the distance at which these effects fall to an acceptable level.

This research will provide a scientifically based estimate of the buffer width required to protect off-target plants from damage resulting from ULV glyphosate applications in silviculture. This information will be of value in Ontario and elsewhere for setting realistic buffer zones during operational applications of glyphosate.

Completion date: March 31, 1989.

REPORTS:

Manniste–Squire, V. 1988. Final report: Quantification of glyphosate and its major metabolite from deposit collectors used during drift trials. File Rep. 7 p. + 17 tables and 20 sample chromatograms.

Stasiak, M.A., Fletcher, R.A. and Hofstra, G. 1989. Measurement of phytotoxicity of sub-lethal glyphosate deposits on pin cherry and aspen. File Rep. 12 p.

Stasiak, M., Hofstra, G., Fletcher, R.A. and Payne, N.J. 1989. Assessment of phytotoxicity of sublethal glyphosate deposits on pin cherry and aspen. p. 35 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

aerial spraying, black spruce, buffer zones, environmental impact, glyphosate, herbicide, phytotoxicity, pin cherry, spray drift, weed management, willow

Timing and Impacts of Aerial Herbicide Spraying on Black Spruce in the Great Clay Belt.

Project reference number:	33027
Investigator/contractor:	Ecological Services for Planning Ltd., Guelph, Ontario.
Scientific authority:	J.B. Scarratt, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

With respect to the aerial application of herbicides for forestry purposes in northern Ontario:

1. To develop a model for predicting the dates of important phenological stages in competitive and crop-tree species on the basis of available climatic data.

2. To determine the dates during which young black spruce plantations can be sprayed with 2,4-D and glyphosate without undue negative impacts upon crop-tree survival, growth or development.

DESCRIPTION:

In the Clay Belt of northern Ontario, severe vegetation competition is commonly encountered on rich, moist soils after harvesting and mechanical site preparation. As a result, the use of herbicides to control competing vegetation is usually an integral part of regeneration efforts.

One of the difficulties in achieving effective control of competing vegetation without causing damage to crop trees has been the inability to define the most appropriate timing for herbicide applications. This reflects a lack of knowledge of exactly when target vegetation is most susceptible and crop species are least susceptible to damage. In most species, the impact of herbicides is strongly related to the stage of phenological development. Clearly, an understanding of the interactions between the phenology and herbicide tolerance of crop and target species is needed so that spray windows can be better defined.

A three-part project was conceived to investigate these relationships and to develop spray guidelines for the Kapuskasing area of northern Ontario, *viz.*: (1) to develop a predictive model for the phenology of upland and lowland black spruce and speckled alder, (2) to conduct a weather-probability analysis to determine the number of suitable spraying days likely to occur over the course of a season, and (3) to evaluate the effect of herbicide application rate and timing on crop and target species.

Competition reduction by glyphosate (R. Arnup)

The third component of the project was designed to assess the influence of the stage of phenological development on the effectiveness of aerial herbicide applications in terms of their impact on crop (black spruce) and target species. Two herbicides, 2,4-D and glyphosate, were applied at different application rates and at different times within the normal spray windows for the Kapuskasing area. Glyphosate treatments were established on Mixedwood–Herb Rich sites (Operational Group 7 of the Forest Ecosystem Classification for the Clay Belt [Jones et al. 1983]) on soils that were predominantly fine loams and clays. The 2,4-D treatments were established on Alder–Herb Poor sites (Operational Group 12, ibid.) on organic soils. The work was carried out in cooperation with the Spruce Falls Power and Paper Company Ltd. of Kapuskasing, which assisted with the operational aspects of the project.

PROGRESS:

As a result of numerous operational difficulties encountered during the course of the field portion of the project, the investigator was unable to implement the herbicide spray program as planned. Logistical and communications problems, compounded by unfavorable weather conditions and unavailability of aircraft, often caused delays and prevented the correct timing of spray applications in relation to the desired spray windows. Because of these problems, the experimental treatments could not be completed as planned, making it impossible to meet the principal objective of relating herbicide effects to crop and weed phenology. Under the circumstances, it was mutually agreed to terminate the project. This experience underlines the difficulties inherent in organizing and implementing complex herbicide research studies within the context of operational spray programs.

A final report documents what was achieved and the problems encountered in the field trials. This is supported by maps showing the locations of all spray plots, detailed descriptions of plots prior to herbicide treatment (including type and amount of regeneration and competing vegetation), and a computer database containing baseline information for all plots plus phenological and tree growth and condition assessment data. The database is held by Forestry Canada, Ontario Region and is accessible to researchers and others upon request.

Although the project was terminated prematurely, some useful information will be forthcoming for the non-field components. For example, a literature review focusing on the phenology of black spruce and aspects of herbicide application is being prepared, supplemented by phenological observations from the field trials. In addition, long-term (35-year) hourly climatic records from the Atmospheric Environment Service monitoring station at the Kapuskasing airport were used to determine the daily and seasonal incidence of factors that affect aerial herbicide application. These included wind speed, air temperature, relative humidity and rainfall. This information was used to develop mean work-day probabilities that estimate the number of hours suitable for aerial herbicide application in the Kapuskasing District over the summer tending period. These estimates will be useful for the planning of tending operations.

Completion date: March 31, 1989.

REPORTS:

Arnup, R.W. 1986. Various stages of herbicide tending with aerial 2,4-D on black spruce. Ont. Min. Nat. Resour., Northern For. Devel. Gr., Timmins, Ont.. On Line 2(3):3–5.

Arnup, R.W. 1989. Hourly work-day probabilities for aerial herbicide application in the Kapuskasing District of northern Ontario. Ecological Services for Planning Ltd., Guelph, Ont. File Rep. 15 p. + appendix.

Arnup, R.W. 1989. Timing and impacts of aerial herbicide spraying on black spruce in the Great Clay Belt: 2,4-D and glyphosate applications and monitoring. Ecological Services for Planning Ltd., Guelph, Ont. File Rep. 17 p. + appendices.

KEYWORDS:

2,4-D, aerial spraying, black spruce, glyphosate, herbicide, phenology, speckled alder, spray window, vegetation competition, weed management, work-day probabilities

Tolerance of Black Spruce and Jack Pine Seedlings to Glyphosate.

Project reference number:	33030
Investigator/contractor:	Dr. T.J. Blake, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. F.D. Beall, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To determine the relationships among phenological development, environmental and physiological factors, species, rate of herbicide application and the tolerance of black spruce and jack pine seedlings to glyphosate.

2. To develop recommendations for the effective use of glyphosate in release programs for containerized seedling plantations.

DESCRIPTION:

Glyphosate is a broad-spectrum, non-selective, post-emergent herbicide that is effective on a wide range of annual and perennial plants. However, glyphosate does not penetrate the bark or woody stems of trees, and conifers with well hardened buds are quite tolerant of foliar applications of the herbicide. In forestry applications, glyphosate has other desirable characteristics, *viz.*: a high LD50 in fish, birds and mammals, and rapid decomposition in the soil. As a result, it is being used increasingly to release conifers from competing vegetation.

Glyphosate can be used either nonselectively for pre-planting site preparation or selectively for conifer release. In Ontario, it is used primarily for the latter purpose. However, although black spruce, white spruce and jack pine have generally shown good tolerance to pre-planting applications of glyphosate, post-planting applications have produced variable results. A number of studies have shown that glyphosate, applied in August at rates required to control competing vegetation, often leads to increased crop mortality and decreased height growth in the following growing season.

Glyphosate damage on black spruce (R. Arnup)

Many studies have been conducted to determine the most appropriate timing for glyphosate application in conifer release programs. These have been conducted mostly with Norway spruce, for which application recommendations differ substantially from current practice in Ontario. Other studies have shown that glyphosate tolerance is influenced by factors such as the stage of phenological development and environmental conditions. Clearly, if glyphosate is to be used effectively in forest management, the inter-relationships among seedling phenology, seedling physiology, environmental factors and glyphosate tolerance need to be elucidated for each crop species.

The first phase of this project calls for a comprehensive review of the literature pertaining to the use of glyphosate in agriculture and forestry, its mode of action and its use and effects on conifers. This literature review is being used to guide the planning for the experimental phase and will provide the necessary background for interpretation of the results.

The research focuses on a series of greenhouse and controlled-environment experiments with containerized seedlings to examine the relationships among glyphosate application, seedling phenology and physiology, and the glyphosate tolerance of jack pine and black spruce seedlings. In addition, the influence of environmental co-factors, such as water stress and light intensity, is being evaluated. In this experimentation, glyphosate is applied as a foliar spray in a manner that simulates operational practice, but which varies the herbicide concentration and time of application in relation to budset. The effects of herbicide treatment are being monitored both in terms of seedling growth response and various physiological variables, including photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance and water relations. To better understand the tolerance mechanism, the uptake and metabolism of glyphosate within the seedling is being determined through chromatographic methods and the use of radioactively labeled herbicide.

The relationships among seedling phenology, seedling physiology and glyphosate tolerance determined in these controlled-environment studies will be validated under field conditions.

PROGRESS:

The literature review has been completed and, on the basis of this, an experimental plan has been prepared. Experimentation is now under way.

The literature review revealed that glyphosate tolerance in plants probably results from restricted herbicide uptake and/or protoplasmic tolerance in the tolerant species. The relative contribution of these two factors appears to vary considerably among species. Furthermore, there appear to be species-related differences in the mode of action of glyphosate. This emphasizes the importance of our understanding the phenological and physiological factors that influence glyphosate tolerance in black spruce and jack pine seedlings if the herbicide is to be used effectively in release programs for these species. This project will contribute to a better understanding of the mechanisms of glyphosate tolerance in these two important commercial species, and will help to determine the operational conditions under which glyphosate should be applied for greatest net effectiveness.

Completion date: March 31, 1991.

REPORTS:

Zwiazek, J.J. and Blake, T.J. 1989. Literature review: physiological and biochemical responses of plants to glyphosate. File Rep. 27 p.

KEYWORDS:

artificial regeneration, black spruce, conifer release, container stock, glyphosate, herbicide, herbicide tolerance, jack pine, phenology, seedling physiology, vegetation competition, weed management

Development of Operational Regeneration Assessment Methodology Based on High-resolution Satellite Data.

Project reference number:	33028
Investigator/contractor:	Dr. S. Pala, Ontario Centre for Remote Sensing, Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. R.A. Sims, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To determine the feasibility and appropriate methodology for monitoring and mapping forest regeneration using high-resolution data from the LANDSAT Thematic Mapper and SPOT satellites.

DESCRIPTION:

In response to the need for a more rapid and economical method for the assessment of forest regeneration, the Ontario Centre for Remote Sensing (OCRS) recently developed an operational procedure based on color-infrared aerial photography and specific interpretation methods (Goba et al. 1982). This procedure has now been successfully implemented by field foresters in northern Ontario and elsewhere.

Although the air-photo method provides a more cost-effective and accurate alternative to traditional intensive field regeneration surveys, further substantial savings in cost and manpower might be achieved if information from current satellite imagery could be integrated in the procedure.

The OCRS has previously attempted to assess regeneration on the basis of low-resolution data from the early LANDSAT remote-sensing satellites. The data showed promise, but did not produce adequate information for operational needs. However, the high-resolution satellite data that has recently become available is expected to offer a considerable improvement in detail.

This project focused on the potential accuracy, feasibility and methodology for identifying and classifying coniferous regeneration from high-resolution digital satellite data produced by the LANDSAT Thematic Mapper and the recently lauched SPOT satellite. Color infrared aerial photography and selective field sampling were carried out to provide "ground-truth" data for evaluating the accuracy of the high-resolution satellite data interpretations.

Satellite images of regeneration areas (S. Pala)

PROGRESS:

Three areas in northern Ontario were studied, each approximately 1000 km^2 in extent. One was located in the Northern Clay Belt near Smooth Rock Falls, one in a till-covered area of the Precambrian Shield near Kapuskasing, and a third in an area of the Precambrian Shield typified by sandy soils, near Ignace. LANDSAT Thematic Mapper (TM) and SPOT digital images recorded in late April, May and June were classified by means of computer analysis. Classification of the early spring images isolated coniferous species; the summer

images were used to locate regenerated areas, and comparison of spring and summer images isolated hardwood species. After preliminary classification of the satellite images, field-check data were gathered on species composition, height and stocking.

Coniferous regeneration 10 to 15 years old, which had the highest proportion of cover per unit area, was the cover class that was classified most consistently and accurately. Within these computer-classified images, however, patches of slash, dead grass or vegetation such as evergreen shrubs, Labrador tea, green grass or moss (i.e., vegetation that was recorded as green in the spring images), were misclassified as either younger regeneration or new cutover. Young regeneration, such as jack pine less than 10 years old, even if uninterrupted by open patches, was confused with young poplar stands not yet in leaf. Neither spring nor June imagery provided any distinction between new cutovers and regenerated areas up to 5 years old.

Classifications based on the satellite images matched field observations in certain areas. However, the fundamental problem was that surface vegetation and ground cover, or bare soil between the small trees, frequently occupied a greater proportion of image pixels than the trees themselves. Even at the resolution of SPOT imagery, spectral differences that originated from such background features were often misclassified as categories of coniferous regeneration.

A lack of classification consistency and accuracy was demonstrated by this project. The results indicate that, although some relative distinctions could be made in terms of the density and/or age of the vegetation growing within cutovers, neither LANDSAT TM nor SPOT digital analysis provide a reliable means of obtaining an initial stratification of regeneration.

Completion date: September 30, 1989.

REPORTS:

Pala, S. and Jano, A. 1989. Final report: Development of operational regeneration assessment methodology based on high-resolution satellite data. Ontario Centre for Remote Sensing, Toronto, Ont. File Rep.

Pala, S. and Jano, A. 1989. A test of satellite-based forest regeneration assessment. p. 99 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

infrared imagery, LANDSAT, multi-date imagery, regeneration assessment, remote sensing, satellite imagery, SPOT, Thematic Mapper

Development of a Micro-computer Version of the Simulation Model "PLANT".

Project reference number:	33031
Investigator/contractor:	D. Basham, Sault Ste. Marie, Ontario.
Scientific authority:	Dr. B. Payandeh, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To develop a micro-computer version ("PLANT PC") of the simulation model PLANT, including a manual that describes its usage and that is illustrated by actual and meaningful examples.

2. To present the model and its applications to forest managers involved in forest renewal operations.

Greenhouse production of container stock (J. Scarratt)

DESCRIPTION:

In Ontario, artificial forest regeneration practices have been studied for many years. Much is known about the individual factors that affect the success and costs of forest renewal. However, researchers have generally not addressed the interrelationships among these factors. Recent symposia on forest regeneration have emphasized the need to synthesize the information currently available on forest renewal in order to understand the regeneration process as a whole. Such an understanding would be facilitated by the development of management-oriented computer simulation models.

Work to develop a simulation model for artificial regeneration systems in Ontario was initiated by Forestry Canada, Ontario Region in 1985. The purpose of this model, developed on a VAX computer, is to simulate the impact upon plantation performance of changes in critical biological factors and silvicultural practices in the nursery and after outplanting. This provides the basis for determining the optimum regeneration strategy for a given situation on the basis of biological, operational and economic considerations.

To be truly useful as a forest management tool, a user-friendly micro-computer version of the above model needed to be developed and demonstrated to potential users.

PROGRESS:

A prototype of "PLANT PC" has been programmed in Turbo Pascal (Borland International). This language was selected because of its increasing popularity among foresters and other professionals, its extensive graphics and text manipulation capabilities, and its ability to compile programs larger than 64kb in size. The minimum system configuration for PLANT PC is an IBM-compatible PC/AT computer with 256 kb of memory, one floppy drive and an optional hard disk drive. A math coprocessor and a multi-modal graphics subsystem greatly enhance speed and overall performance.

The model separates the regeneration process into three interdependant phases: (1) planting stock production, (2) planting stock storage, and (3) plantation establishment. Seedling growth and survival are simulated for each phase in accordance with empirical submodels that

reflect the effects of biological factors and management choices. These submodels were derived by first identifying the factors that affect planting stock production and plantation performance by means of stepwise regression procedures. Nonlinear models were then developed to express seedling response as a function of time, management options and silvicultural practices.

The model simulates various regeneration options in accordance with the user's specifications. It compares and optimizes the results on the basis of a Regeneration Cost Efficiency Index, which integrates total costs with the growth, survival and quality of the resulting "free-to-grow" stand.

In PLANT PC, the original model has been updated through the incorporation of additional seedling growth and survival data. Also, the original white spruce and black spruce models have been extrapolated to 20 years after outplanting on the basis of white spruce site index curves from plantations at the Petawawa National Forestry Institute and additional data for both spruces and jack pine collected with the TRIM system (Fayle et al. 1983). The resulting model has been tested extensively for range and means over all possible combinations.

A desirable feature of the PC version is its ability to generate height, survival, and regeneration cost indices in color-coded graphics both on a color monitor and a Hewlett–Packard plotter. To facilitate input of information by the user, separate screen templates are generated that contain all possible regeneration alternatives for each phase of the input sections. Input screens have been made as error-proof as possible, and an incorrect response is indicated by both audible and visual warnings. The model is further enhanced through the incorporation of color menus and output tables, an eye-catching title screen, and helpful runtime pop-up windows that provide help to the user.

The model has been demonstrated at several workshops and symposia attended by the members of the forestry profession, and is continually refined on the basis of feedback received during these demonstrations.

Completion date: December 31, 1990.

REPORTS:

Payandeh, B. 1988. Computer modeling of artificial forest regeneration in Ontario. p. 21–24 *in* E. Luque (Ed.), Proc. ISMM International Symposium: Mini and microcomputers and their applications. San Feliu de Guixols, Spain, June 27–30, 1988. Internat. Soc. for Mini and Microcomputers.

Payandeh, B. 1989. Plant–PC: simulation of artificial forest regeneration in Ontario on personal computers. p. 108 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Payandeh, B. Development of a model for planting stock production evaluation in Ontario. (submitted to journal)

KEYWORDS:

artificial regeneration, black spruce, jack pine, modeling, nursery production, seedling growth, seedling survival, simulation models, technology transfer, white spruce

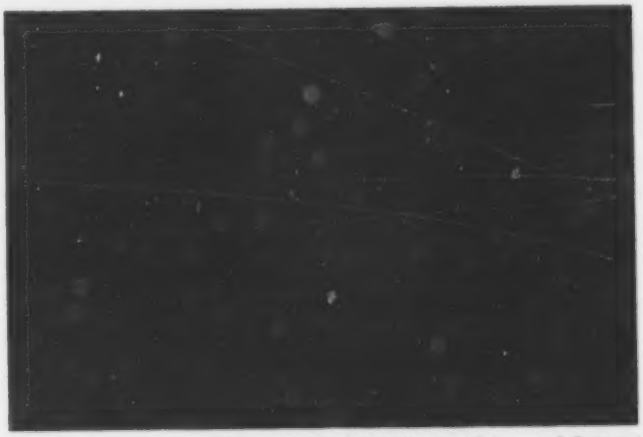
Design and Implementation of Plantation Establishment Trials for Tamarack, with Particular Emphasis on Site Selection, Planting Stock and Herbicide Application.

Project reference number:	33016
Investigator/contractor:	B.D. Nicks, E.B. Eddy Forest Products Ltd., Espanola, Ontario.
Scientific authority:	Dr. C. Glerum, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To review and identify deficiencies in existing silvicultural knowledge relative to the establishment and management of Larix *species in northern Ontario.*

2. To establish field trials in support of an intensive pulpwood management program for tamarack, aimed at comparing the effectiveness of various plantation establishment and management techniques.



Natural tamarack in mixture with spruce (J. Scarratt)

DESCRIPTION:

E.B. Eddy Forest Products Ltd. operates a large bleached kraft pulp mill at Espanola, Ontario. The mill is dependent upon boreal conifers such as jack pine and spruce for more than half of its furnish. As with most pulp mills in northeastern Ontario, the long-term allowable cut projection for traditional pulping species shows a downward trend, as old-growth forest is harvested and as more balanced age-class distributions are achieved.

Tamarack was seen as being capable of partially offsetting this projected decline in allowable cut through short-rotation, intensive management on prime sites close to Espanola. Given adequate soil moisture and nutrients, healthy planting stock and protection from insects and disease, tamarack is capable of quickly outgrowing jack pine. However, since information on the management of native tamarack was virtually nonexistent for northern Ontario, it was considered desirable to undertake comprehensive field trials to determine optimum silvicultural treatments by site type.

A review of existing knowledge relating to the establishment and management of tamarack identified a need for more information in three particular areas, *viz.*: (1) performance expectations on soils typical of sites along the north shore of Lake Huron, (2) appropriate site preparation practices and planting stock requirements, and (3) expected growth rates and yields at maturity for these soil types.

To answer some of these questions, a series of site preparation and planting trials with tamarack was established on the three major soil types in the Espanola area: well drained fine sands, imperfectly drained loams, and poorly drained clays. The sand and loam sites originally supported second-growth mixedwoods, whereas the clay site was an old field. All trials are located on E.B. Eddy freehold land within the Sudbury–North Bay Section (L.4e) of the Great Lakes–St. Lawrence Forest Region (Rowe 1972).

Site preparation treatments, laid out as randomized complete blocks, included root raking, raking plus

discing, and raking and discing followed by pre-emergent application of herbicide (four chemicals — atrazine, hexazinone, linuron and simazine — at four rates). Root raking was not required on the clay site. Planting trials with various types of tamarack planting stock, and with jack pine and white spruce "controls" (as appropriate to site), were superimposed upon the site preparation treatments. Limited testing of European larch and hybrid larch was incorporated on the sand site.

PROGRESS:

Site preparation and planting is complete on all areas; the sand site was planted in 1987, the loam in 1988 and the clay in May 1989. Crop survival and growth response is being monitored under all treatment conditions and, coupled with detailed treatment-cost records, will eventually allow a determination of optimal prescriptions for the establishment of tamarack.

Early results for the sand and loam sites indicate that tamarack and jack pine responded with increased heights and height increments under the more intensive site preparation treatments. Under the best site preparation treatments, average total heights of tamarack were 13.4% greater than those of jack pine after two years on the sand site, and 42% greater after one year on the loam. On the sand site, height growth in both species was greatest on areas treated with atrazine. Compared with other herbicides, hexazinone significantly depressed the condition class of all stock types in the first year on the loam, despite excellent control of grasses and herbaceous vegetation.

This project comprises the initial establishment phase of what is essentially a long-term study. Although interim data on crop response will be collected, many more years of observation will be required before this project bears fruit. E.B. Eddy's interest lies both in the optimization of establishment techniques and, ultimately, in stand management techniques that will result in economical maximization of fiber yields at rotation age. E.B. Eddy has made significant financial contributions to the costs of establishing this project, and will bear the costs of tending and maintaining these trials to rotation age after COFRDA funding expires, to guide the development of its private-land program. The results will be of interest and value to other consumers of pulpwood in northeastern Ontario.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Nicks, B.D. and McKean, D.A. 1989. Tamarack establishment trials in northeastern Ontario. p. 20 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

A final establishment report will be prepared upon completion of this project.

KEYWORDS:

artificial regeneration, atrazine, container stock, discing, European larch, herbicide, hexazinone, hybrid larch, jack pine, linuron, planting, private-land forestry, root raking, rooted cuttings, seedling growth, short-rotation crops, simazine, site preparation, tamarack, vegetation competition, weed management, white spruce

Development of Short Rotation Silvicultural Systems for Selected Poplar and Larch in Northwestern Ontario.

Project reference number:	33020
Investigator/contractor:	Dr. R.E. Farmer, School of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario.
Scientific authority:	R.W. Evers, Fast Growing Forests Group, Ontario Ministry of Natural Resources, Brockville, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To select fast growing species, provenances and clones of poplar and larch that are genetically suitable for management on relatively short rotations under northern conditions.

2. To develop plantation systems that will promote rapid growth of the above-selected planting stock.

DESCRIPTION:

The Boise Cascade pulp mill in Fort Frances draws its roundwood supplies of traditional pulping species from harvesting areas more than 100 km away, as do many other mills in northern Ontario. Yet there is a large land base within a radius of 80 km of Fort Frances that has good potential for plantation forestry. The pulping processes used in the Boise Cascade mill could utilize fast-growing hardwood and softwood species, such as poplar and larch. Consequently there is interest in developing short-rotation fiber production systems for these species on suitable sites close to the mill as alternative sources of pulpwood raw materials.

Although an extensive literature exists on short-rotation intensive plantation forestry, practically all of this literature relates to areas outside the boreal forest. This 4-year research project, initiated in 1986, comprises the establishment phase of a program to test the feasibility of such an approach for boreal Ontario. The long-term goal is to select poplar and larch materials that are genetically suited to short-rotation culture on sites in the vicinity of Fort Frances, and to develop appropriate silvicultural procedures for promoting rapid establishment and growth. In the context of this program, short-rotation refers to short (ca. 30 years) pulpwood rotations at traditional plantation spacings.

European larch 3 years after outplanting (R. Farmer)

The project is divided into two stages. The first involves the selection and testing of various poplar and larch materials under controlled nursery conditions to determine their adaptability to conditions in northwestern Ontario. Trials of several years' duration have been established in nurseries at Fort Frances and Thunder Bay, Ontario, with European larch, hybrid larch, Dahurian larch, Siberian larch, provenances of tamarack, hybrid aspen (*Populus tremuloides* x *P. tremula*), eastern cottonwood and a number of balsam poplar hybrids. In all, 23 larch seedlots, 750 larch clones, 75 poplar clones, and 298 hybrid aspen clones are being tested. The second stage involves the further testing, in

long-term field trials, of materials selected from the nursery screening tests.

This is a cooperative project with Boise Cascade Canada Ltd. of Fort Frances and the Ontario Ministry of Natural Resources. Boise Cascade provided resources for the establishment of the various trials and will assume responsibility for maintenance and measurement of the long-term field trials with the termination of COFRDA funding.

PROGRESS:

In the nursery trials, growth and tree form, phenology (shoot elongation rates, time of budbreak, time of leaf fall) and incidence of frost damage have been evaluated annually and reported in the 1987 and 1988 annual reports. To date, some of the above material appears to be adapted to northern conditions and worthy of long-term tests and/or operational trials. Early observations of hybrid aspen suggest that its performance may be as good as that of the better-adapted hybrid poplars. In the larches, preliminary indications are that European larch and hybrid larch may be unsuitable because of their susceptibility to frost, although seedlings of European larch that have not been severely damaged exhibit good growth. The performance of all species needs to be evaluated further before final conclusions can be drawn.

The first of the long-term field trials, comprising 32 selected poplar clones, was established on an old field site (clayey till) near Fort Frances in 1988. Various stand-density and fertilizer-rate treatments are incorporated into this trial. A comparable planting of 24 larch clones will be outplanted in the summer of 1989.

Although the final results of the long-term field trials and an eventual economic evaluation will not be available for several years, this COFRDA project lays the groundwork for developing operational short-rotation intensive plantation programs for northwestern Ontario. The information obtained on silvicultural systems for establishing short-rotation crops and the economics of these systems should be applicable to other parts of boreal Ontario also, even though the plant materials will have to be retested for their adaptability to the particular location.

Completion date: September 30, 1989.

REPORTS:

Farmer, R.E. and Palmer, C.L. 1987. Development of short rotation silvicultural systems for selected *Populus* and *Larix* in Northwestern Ontario. Annual Report 1987. File Rep. 82 p.

Farmer, R.E. and Vella, V. 1988. Development of short rotation silvicultural systems for selected *Populus* and *Larix* in Northwestern Ontario. Annual Report 1988. File Rep. 76 p.

Farmer, R.E. and O'Reilly, G. 1989. Selection and testing of exotic larch and poplar for short rotation systems in northwestern Ontario. p. 79 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Palmer, C. L. 1986. Problem analysis for development of short rotation silvicultural systems for selected *Populus* and *Larix* in Northwestern Ontario. File Rep. 139 p.

KEYWORDS:

balsam poplar, clonal selection, Dahurian larch, European larch, eastern cottonwood, fertilization, hybrid aspen, hybrid larch, intensive silviculture, short-rotation crops, Siberian larch, species trials, stand spacing, tamarack, tree improvement

Factors Influencing Integrated Forest Management on Private Industrial Forest Land.

Project reference number: 33011

Investigator/contractor: Dr. R.D. Kreutzwiser, Department of Geography, University of Guelph, Guelph, Ontario.

Scientific authority: J.H. Smyth, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To describe the concept of integrated forest management and its implications for private forest land management.

2. To identify influential factors, and recommend changes in policy, institutional arrangements and attitudes that might improve the integration of non-timber values with timber management on private industrial forest land in Ontario.

Recreational use of forest (D. Ortiz)

DESCRIPTION:

In recent years, managers of public forest lands have increasingly adopted the principle of integrated forest management (IFM) to integrate use of multiple forest resources with environmental protection. In contrast, IFM on privately owned industrial forest lands in Ontario is sporadic at best.

In northern Ontario, five companies own almost one million hectares of forest land, much of which is concentrated around mill towns (Anon. 1982a,b). Traditionally, these industrial forest lands have been managed solely for their timber, with little consideration of their non-timber values. However, several benefits of IFM are apparent. Most notable are opportunities to generate income from recreation on private forest land; other less direct benefits include improved public relations, reduced vandalism and, in some instances, improved timber growth.

Corporate decision-making is complex and subject to a range of influences, from personal attitudes and motivations to such external factors as market forces and societal pressures. This project examined the role of external factors and some more readily identifiable internal factors that influence the level of IFM that private industrial forest owners choose to practice in the United States and Canada. More specifically, the influence of government policy, land tenure patterns, size of corporate landholdings, size of corporation and corporate policy were examined. An analysis of the role government legislation may play in encouraging IFM on private lands was of special interest.

To analyze the influence of a range of factors on the attitudes of companies to IFM, a reasonably objective measure of the level of IFM practiced, as well as information on key attributes of companies, was necessary. An index of IFM was developed that uses a scoring system to rank alternative timber management practices with respect to the extent that those practices protected or enhanced non-timber values. Weighting was incorporated into the index to favor those practices

that were obviously modified to enhance non-timber values. Information on influential factors that was not obtainable from secondary sources and the data required to calculate index scores for each company were obtained from questionnaires sent to 239 companies in 26 U.S. states and to 13 companies in Ontario. Response rates were 43 and 54%, respectively.

PROGRESS:

Over all, IFM index scores tended to be higher for companies in the U.S. than in Ontario (mean scores of 7.32 and 4.63, respectively; scores ranged from –5.50 to +20.25, with a possible range of –18.50 to +24.50). The size of the sample for Ontario companies did not permit a statistical analysis of influences on IFM, but a number of conclusions were drawn from the American data.

Index scores were higher for companies with large landholdings within a state and where there were comprehensive government policies to encourage IFM and industrial ownership of forest land. Although the amount of land owned within a state appeared to have the strongest influence on IFM, analysis showed that its influence was diminished where there were government policies to encourage IFM. In particular, smaller companies scored higher in states with such policies.

The strictly applied, environmentally oriented forestry practice legislation of the western United States was not always associated with the highest IFM scores. Scores were highest in the northeast, where policies stress non-timber forest values, particularly wildlife and aesthetic objectives. Cooperative wildlife management programs and tax incentives are important influences, more so, perhaps, than forestry-practice legislation. The public relations value of IFM also appeared to be an important consideration, at least for large timber companies. Companies with large landholdings also reported that IFM brought economic benefits.

Although only 3.5% of productive forest land in Ontario is owned by timber companies (compared with 5 to 48% in the 26 states studied), this land is regionally significant. A few Ontario companies had high IFM scores, but more could be done to encourage IFM. Non-timber forest values could be stressed to a greater degree in provincial forest management policies, and cooperative programs for wildlife management and recreation access could be used to open doors to further, more integrated, forest management. Technical assistance and tax incentives could be important inducements for small companies. At the same time, public awareness of private land management, in particular the role of the timber industry as land managers, needs to be heightened. Since larger companies, especially, are sensitive to the public relations implications of their land management decisions, government and professional forestry organizations should encourage awards to industry in recognition of IFM contributions.

Completion date: June 30, 1987.

REPORTS:

Kreutzwiser, R.D. and Wright, C.S. 1987. Final report: Factors influencing integrated forest management on private industrial forest land. File Rep. 135 p.

Kreutzwiser, R.D. and Wright, C.S. Factors influencing integrated forest management on private industrial forest land. J. Environ. Manage. (in press)

KEYWORDS:

corporate decision-making, forest industry, forest management, forest resource policy, forest values, integrated resource management, multiple-use forestry, private land forestry, recreation, wildlife management

Integrated Resource Management Planning with Significance Levels.

Project reference number:	33036
Investigator/contractor:	C.A. Benson, School of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario.
Scientific authority:	C.D. MacInnes, Wildlife Research Section, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVE:

To develop an easy-to-use integrated resource planning model that uses hypothetical values for the significance of management objectives.

Sibley Provincial Park (Ont. Min. Nat. Resour.)

DESCRIPTION:

The management of our forests is becoming increasingly complex as society changes and as more demands are placed on the forest by a variety of users who are often in competition for the same resource. These demands include conservation of fish and wildlife habitat, provision for erosion and flood control, and opportunities for recreational and aesthetic experiences. As these non-timber values gain in importance, management of the forest for timber production comes under increasing pressure and scrutiny.

If one component of the forest resource becomes scarce or is threatened, the potential for conflict among users increases. The forest manager's role is, therefore, no longer defined exclusively in terms of timber production, but is now expanded to deal with the management of all products and benefits that come from the natural resource. In attempting to balance the demands of different users an additional, but important, complication for decision makers is that they must consider both quantitative and qualitative factors.

The integrated resource-management approach can be one way for the forest manager to appreciate and resolve multiple-use management planning problems. In Ontario, land-use guidelines have been prepared that establish production levels for various forest-based activities (Anon. 1982c, 1983), but these do not describe how integrated resource management is to be implemented. This project aims to fill this void by developing an easy-to-use model for integrated resource management of forest lands that uses both quantitative and qualitative data.

PROGRESS:

The initial study centered on two of six management zones, each with a specified management goal (e.g., wilderness, historical, recreational), in the Sibley Provincial Park, approximately 40 km east of Thunder Bay, Ontario. The selected zones were evaluated in terms of three production variables (goals), timber production, wildlife (moose) and scenic beauty, over a 10-year planning horizon. The variables were quantified according to present stand structure within the zones.

Linear programming was used to determine maximum and minimum limits that each variable might attain as a result of any one of four stand treatments (i.e., harvesting alternatives) under relevant physical and operational constraints. The interval between maximum and

minimum limits, the "feasible policy space" (Walker 1985), indicated the range within which tradeoff between resources might occur.

A judgement-based model, initial decision analysis (IDA), was used to determine management policies, the significant value of these policies, and the best suitable policy. Subsequently, an IDA workshop was held at Lakehead University in May 1988 to calibrate and refine the model. The participants included professional foresters, wildlife biologists, park supervisors, and faculty members from the schools of Forestry and Outdoor Recreation at Lakehead University.

Workshop participants were guided through the three main phases of the IDA process for developing resource policies, *viz.*:

1. A planning phase identified important variables (goals), and the relationships among them. These variables included goals additional to the three being managed for.

2. A policy-experiment phase developed hypothetical policy alternatives for each of the interest groups. The effect of these different policies on the production level of all variables over the 10-year planning period was then examined by means of simulation.

3. A policy-evaluation phase compared the results of the policy experiment with the current policy and with alternative policies. The results indicated the level of satisfaction, or significance level, of each policy for each of the interest groups. On the basis of this exercise, a best policy was chosen.

Finally, goal programming was used to determine the optimal levels for the timber production, wildlife and scenic-beauty variables. For each variable, target levels for the best policy determined by means of the IDA model were weighted by the "feasible policy space" as determined by the linear-programming model.

Current work focuses on the refinement of significance levels by using economic and quantitative data.

This project applies some management science techniques to forest resource management planning. An effective decision model is essential if forest and resource managers are to harmonize the demands of different interest groups for use of forest lands. Application of this model can contribute to practical integrated resource management, and can provide forest managers with a useful decision-making tool to optimize management objectives.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Tak, Kwang–Il. 1988. Integrated resource management planning through the linking of mathematical and judgement-based models. M.Sc.F. thesis, School of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay, Ont. 124 p.

Tak, Kwang–Il and Benson, C.A. 1989. Planning integrated resource management with mathematical and judgement-based models. p. 108 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

corporate decision-making, forest management, forest resource policy, forest values, goal programming, integrated resource management, modeling, multiple-use forestry

ECOLOGICAL RELATIONSHIPS

Background to the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification.

Left: Evaluation of soil texture (R. Sims). Above: Boreal forest mosaic (R. Sims).

Several of the projects funded under the Research, Development and Application sub-program of the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement (COFRDA) deal with aspects of the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification. These are described in this section. Several other projects, described elsewhere in this compendium, used the classification as an ecological framework within which to carry out the work or for the reporting of results.

The boreal forest is far from homogeneous and, in Ontario especially, is characterized by considerable variation both in forest types and soil conditions. Rapidly changing topography and soil conditions have resulted in the establishment of a mosaic of diverse tree and plant associations, often growing in close proximity to one another. At the same time, differing successional patterns within the various ecosystems add a temporal complexity to the inherent spatial complexity of the forest.

If we are to continue to derive economic, social and environmental benefits from the boreal forest, we must develop the necessary tools to allow us to manage the forest wisely. First among these is a classification system that will describe the basic ecological and silvicultural relationships that exist within the forest, and that will provide an ecological framework for forest and resource management planning.

In 1983, Forestry Canada, Ontario Region and the Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR) jointly initiated a program to develop the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification. The funding for this program was provided by COFRDA (Projects 21001 and 21002 under the Forest Management Renewal Support Sub-Program), Forestry Canada and the North Central and Northwestern regions of OMNR. The Ontario forest industry also played a major role, particularly through the contribution of field support for the program.

The Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification (NWO FEC) (Sims et al. 1989) complements the Forest Ecosystem Classification published in 1983 for the Clay Belt of Northeastern Ontario (Jones et al. 1983). It represents the amalgamation and integration of two forest ecosystem classifications that were being

developed for the North Central and Northwestern regions into a single classification for the whole of northwestern Ontario.

Development of the NWO FEC is based upon one of the world's largest boreal ecology databases. Approximately 1400 semi-permanent forest plots in the north central region and 800 plots in the northwestern region were studied in detail with respect to soil, site, vegetation and stand characteristics. On the basis of an analysis of the resulting database, the NWO FEC describes the different stand conditions present in the natural forest and the site and soil conditions with which they are associated. The field handbook provides, through a series of keys, a straightforward, common-language tool for identifying and describing soil and vegetation conditions. A companion field guide (Baldwin and Sims 1989) describes the common forest plants of northwestern Ontario.

The NWO FEC provides a fundamental framework for organizing and communicating silvicultural knowledge, and should aid the decision-making process in forest and resource management planning. Various silvicultural interpretations and guidelines relating to the component FEC Vegetation Types and Soil Types have been prepared (Racey et al. 1989) or are currently being developed. Examples include site-related FEC-based prescriptions or predictions for frost-heave hazard, erosion risk, budworm susceptibility, incidence of root rot, intensity of competing vegetation, harvesting, treatment of mixedwood sites, species selection, selection of site preparation equipment and prescribed burning. Together with the ecosystem classification itself, these will provide the manager with a scientific basis for more intensive forest-land and wildlife resource management.

REPORTS:

Sims, R.A. 1989. Northwestern Ontario's forest ecosystem classification: concepts and choices. *In* Proc. Site Specific Silviculture Workshop. Ont. Min. Nat. Resour., Northwestern Ont. For. Technol. Devel. Unit, Thunder Bay, Ont. Tech. Workshop Rep. 3. (in press) (This provides a good overview of the NWO FEC system)

Three presentations on the NWO FEC were made at the Forestry Research Marketplace held in Toronto in November 1989. These are recorded in: G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18. 151 p. + 20 p. supplement.

Three FEC guides were published in 1989:

Baldwin, K.A. and Sims, R.A. 1989. Field guide to common forest plants of northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 344 p.

Racey, G.D., Whitfield, T.S. and Sims, R.A. 1989. Northwestern Ontario forest ecosystem interpretations. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 80 p.

Sims, R.A., Towill, W.D., Baldwin, K.A. and Wickware, G.M. 1989. Field guide to the forest ecosystem classification for northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 120 p.

KEYWORDS:

forest ecology, forest ecosystem classification, technology transfer

Research Component, Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification.

Project reference number:	33022, 33022A
Investigator/contractor:	Hunter and Associates Limited, Mississauga, Ontario. (Phase 1) G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario. (Phase 2)
Scientific authority:	Dr. R.A. Sims, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. Phase 1: To conduct an objective assessment of the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification by means of field application trials in the North Central Region of Ontario, and to identify problems and potential areas for improvement.

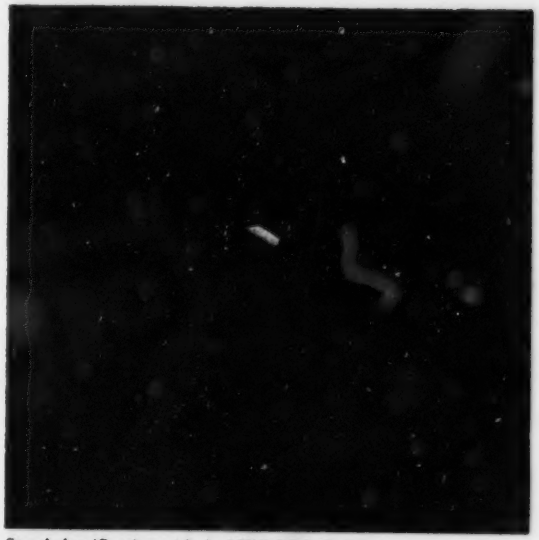
2. Phase 2: To prepare two reports based on the Forest Ecosystem Classification database, one describing common topographic sequences, the other describing the autecology of the main tree species in the North Central Region of Ontario.

DESCRIPTION:

A program of forest ecosystem classification, with emphasis on the commercial forest, has been underway in northwestern Ontario since 1983. During that period, approximately 1400 forest plots in the North Central Region and 800 plots in the Northwestern Region have been studied in detail with respect to soil, site, vegetation and stand characteristics.

From an analysis of the extensive database generated by this survey, a field-oriented ecological classification of forest sites has been developed, broken down primarily by Vegetation Types and Soil Types, that describes the different stand conditions present in the natural forest and the site and soil conditions with which they are associated (Sims et al. 1989).

The purpose of this project was to validate and refine the draft NWO FEC, and to prepare two reports that summarize specific aspects of the classification. In Phase 1, conducted from 1986 to 1988, the draft classification was field tested throughout the North Central Region in order to identify problems with its application in an operational setting and to make any necessary revisions to the keys and Factsheets. Color photographs were taken to document representative stand types, boreal plant species and site/soil conditions.



Stand classification with the NWO FEC (R. Sims)

A ground-truth study was also conducted on two areas in the North Central Region to evaluate the usefulness of the NWO FEC for photo-interpretation and mapping applications. Each study area covered a 10- x 10-km area and supported a wide range of vegetation cover types, landforms and soil/site features. On-ground surveys included soil texture and soil depth sampling, NWO FEC classifications, and tree density and height measurements.

The NWO FEC database contains a great deal of information that can be partitioned and summarized to describe and explore, in detail, different features and relationships within the forests of the region. Phase 2 initiated this process with the preparation of two

technical reports based on the interpretation of material extracted from the database.

The first report deals with slope sequences (patterns of vegetation and soil development with respect to topographic position) that occur commonly in northwestern Ontario. During the collection of field data for the NWO FEC, stands to be sampled were often laid out in series along major topographic gradients. The NWO FEC database was reviewed to select the most common slope sequences on typical landform complexes, and a format was developed for schematically summarizing vegetational and soil differences along these slope sequences.

Drawing on the NWO FEC database and existing literature sources, the second report describes the autecology of major tree species in the boreal forest of the North Central Region. This comprehensive report summarizes information on the distribution and ecology of 12 tree species (black spruce, white spruce, balsam fir, jack pine, red pine, eastern white pine, tamarack, eastern white cedar, white birch, black ash, trembling aspen and balsam poplar) with respect to NWO FEC units and other habitat characteristics. In addition, information is provided on identifying features, typical life cycle, phenology, general habitat, productivity, and management considerations for each species.

PROGRESS:

Field testing demonstrated a number of minor difficulties in the application of the draft NWO FEC, which necessitated some revisions as well as changes in the wording of certain decision rules to ensure consistent terminology and to avoid ambiguity. The revised NWO FEC Field Guide was published recently (Sims et al. 1989).

As part of the field validation process, samples of understory vegetation were collected from representative FEC units throughout the North Central Region. Specimens of approximately 100 common forest plants have been preserved, with sufficient replication to allow for the establishment of reference collections in several district offices within the region.

Data collected during the ground-truth study have been used to develop detailed interpretive maps by means of geographic information system technology, as well as to develop and refine NWO FEC-related photointerpretation keys.

The two technical reports noted below (Baldwin 1988, Wickware 1989) will be published in 1990.

Completion date: March 31, 1989

REPORTS:

Baldwin, K.A. 1988. Forest ecosystem classification – North Central Region. Hunter and Assoc. Ltd., Mississauga, Ont. File Rep. 12 p.

Wickware, G.M. 1989. Common landform toposequences of Northwestern Ontario. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. File Rep. 40 p.

Wickware, G.M. 1989. Studies in North Central Region, Ontario, related to the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification. p. 29–30 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen). Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. Forestry Canada, Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Wickware, G.M. and Kershaw, M.K. 1989. Final report: Autecology of major tree species of the North Central Region, Ontario. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. File Rep. 120 p.

Portions of the information gathered under this project were presented at the Forestry Research Marketplace as part of the general presentation on the NWO FEC (see page 37).

KEYWORDS:

autecology, balsam fir, balsam poplar, black ash, black spruce, eastern white cedar, eastern white pine, forest ecology, forest ecosystem classification, geographic information systems, jack pine, landforms, photointerpretation, red pine, slope sequences, soil classification, tamarack, toposequences, trembling aspen, white birch, white spruce

Development of a Soils/Landforms Course Relating to Northwestern Ontario.

Project reference number:	33038
Investigator/contractor:	G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario.
Scientific authority:	Dr. R.A. Sims, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To develop a course outline, including course handouts, audio-visual presentation material and a list of background literature, for the implementation of a technology transfer teaching unit dealing with soil/landform relationships in northwestern Ontario.

DESCRIPTION:

With the trend towards more intensive management of Ontario's forests, resource managers need to develop a clear understanding of the stand conditions present in the natural forest and the soil and site conditions with which they are associated. An understanding of soil and site relationships is needed for a wide variety of forest management planning and silvicultural activities, not the least to ensure that these activities are concentrated on the most productive areas of the land base.

The Forest Ecosystem Classification for the Clay Belt of Northeastern Ontario (Jones et al. 1983) and the recently completed Forest Ecosystem Classification for Northwestern Ontario (NWO FEC) (Sims et al. 1989) go a long way towards addressing these needs. Further, a Prime Land Inventory mapping program conducted by the Ontario Ministry of Natural Resources' (OMNR) North Central Region provides a basis for stratifying the forest land base into areas most suitable for the production of wood fiber.

These programs, which are based in part on the recognition and understanding of soil and landform features, are central to the implementation of a more intensive forest management strategy. It is essential, therefore, that all forest managers be fully conversant with the use and application of these important programs.

FEC training course (R. Sims)

Many foresters, both in government and the forest industry, could benefit from additional training in field methods of soil and site description, and in the interpretation of soils information for planning purposes. Some training has already been provided in northwestern Ontario as part of the NWO FEC program; over the period from 1985 to 1989, a series of 3- and 4-day field courses has been held, including courses on "Basic Soils Description" and "Boreal Forest Vegetation".

This project provided for the preparation of a third field course dealing with soils and landform relationships in northwestern Ontario. The work involved the review and synthesis of all pertinent information necessary for the preparation of the 4-day course curriculum. This included the documentation and provision of background information, class handouts and information packages, audio-visual material (slides,

overheads, wall charts, maps, stereo photo-pairs), agendas and time frames, field trip locations, maps, air-photo overlays and background notes, a step-by-step set of field and laboratory exercises, and a fully documented draft "instructor's manual". The contractor conducted the course twice on a trial basis during the summer and fall of 1988, thereby allowing for modifications and refinements on the basis of feedback from course participants.

PROGRESS:

The course has been well received and has now been presented several times in both Thunder Bay and Dryden, Ontario. It provides a thorough treatment of soil/landform relationships in a forestry context. Different course components deal with the glacial and depositional history of northwestern Ontario, the development and distribution of different soil types, the characteristics and patterns of common landforms and landform complexes, and the integration of soil/landform information in photo-interpretation, forest mapping and resource planning. The course is field-oriented and includes some group-mapping exercises.

As a result of this project, a complete set of course materials, audio-visual materials and a comprehensive draft of the "instructors' manual" were prepared. The latter has now been put into final form by R.A. Sims of Forestry Canada, Ontario Region and staff of OMNR's Northwestern Ontario Forest Technology Development Unit. Although the course is strongly oriented to the northwestern Ontario condition, the general format, outline and approach should be readily adaptable to other regions of the province.

Completion date: March 31, 1989

REPORTS:

Wickware, G.M. 1989. Instructors' manual and guide: Soils-landform relationships of northwestern Ontario. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. File Rep. 37 p. + appendices.

Portions of the information gathered under this project were presented at the Forestry Research Marketplace as part of the general presentation on the NWO FEC (see page 37).

KEYWORDS:

forest ecology, forest ecosystem classification, forest habitats, glacial history, landforms, soil/site relationships, soil types, surficial deposits, teaching aids, technology transfer

Preparation of a Pocket Guide to the Critical Silvics of Conifer Crop Species and Selected Competitive Vegetation in Northwestern Ontario

Project reference number:	33049
Investigator/contractor:	F.W. Bell, Thunder Bay, Ontario
Scientific authority:	Dr. R.A. Sims, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario

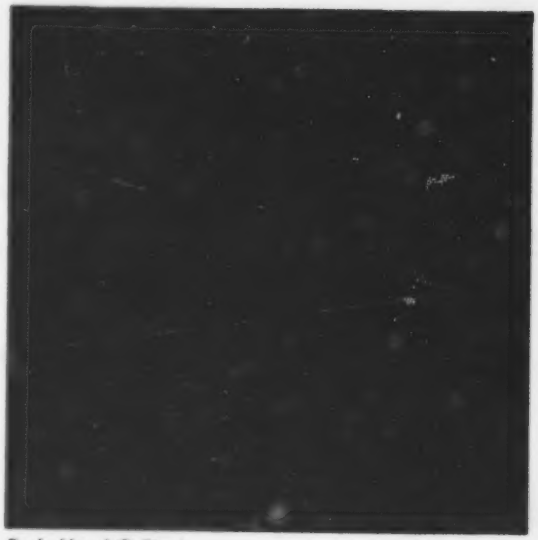
OBJECTIVE:

To prepare a field guide for vegetation managers and foresters containing information on: (a) the critical silvics and ecology of five coniferous species and 23 selected woody and herbaceous species that compete with conifers in northwestern Ontario; and (b) the response of these competitive species to silvicultural treatments and stand disturbance.

DESCRIPTION:

The establishment and growth of coniferous plantations is often negatively impacted by other species present on the site that are considered to be "competing" with the crop species. From a silvicultural perspective, competing vegetation includes any trees, shrubs, forbs or grasses that inhibit the survival or growth of crop trees. To pursue forest management goals while recognizing the environmental concerns that restrict herbicide usage, foresters must develop a better understanding of how they can best manipulate the establishment and growth of competing vegetation.

Good vegetation management requires a thorough knowledge of ecological principles and successional trends. As well, the forester should be aware of the growth habits and ecological characteristics of individual competitors, including their importance in wildlife management and their response to silvicultural treatments and stand disturbance. The Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification (NWO FEC) (Sims et al. 1989) provides a framework for describing vegetation and stand conditions in the natural forest and the various site and soil conditions with which they are associated. However, this database does not allow the forester or biologist to make informed predictions about the development of vegetation in different ecosystems after disturbance, although much relevant information exists in the literature.



Beaked hazel (R. Sims)

The purpose of this project is to draw together, in the form of a field guide, practical information on the silvics of selected coniferous and competitor species in northwestern Ontario that will aid the forester in developing vegetation-management strategies. The project involves no original research; the information is being compiled primarily from a review of the relevant literature, incorporating selected soil/site data from the NWO FEC database.

PROGRESS:

The literature review has been completed and the draft pocket guide is now being assembled and should be ready for publication in 1990. All reference materials and abstracts relating to the project have been placed on

a computer database and will be available for distribution to interested scientists, libraries, technology development units, etc., on completion of the work.

The guide will contain silvicultural and ecological information on 5 coniferous crop species (black spruce, white spruce, balsam fir, jack pine and red pine) and 23 woody and herbaceous potential competitor species (including trembling aspen, balsam poplar, white birch, beaked hazel and mountain maple).

The pocket guide will summarize, for each species, information on identification and taxonomy, autecology in the context of the NWO FEC, phenology, and reproductive and growth habits. The reproductive characteristics of the plant species will include descriptions of the phenology of flowering, age of first seed production, frequency and abundance of seed production, seed maturation and seedfall, seed longevity and viability, germination requirements and vegetative reproduction. Growth habits will include species form (i.e., tree, shrub or herb), longevity, size attained, rate and phenology of growth, as well as the phenology of leaf flush, leaf elongation, leaf fall and dormancy.

In addition, potential competitors will be evaluated and discussed with respect to their competitive effects and mechanisms, their wildlife values, and their response to disturbance and silvicultural treatments, including their adaptation to the latter (e.g., forest canopy removal, fire, cutting and grazing, herbicides, soil disturbance and fertilization). The five conifers will also be evaluated in terms of their response to competition and their ability to respond to release from different competing species.

The guide will not provide specific prescriptions for the control of competing vegetation, but will allow forest managers to develop site-specific vegetation management strategies on the basis of ecological and phenological criteria. Knowledge of the autecological characteristics of key competitive species could help to change the focus of vegetation management from corrective to preventative measures.

Completion date: March 31, 1991

REPORTS:

Portions of the information gathered under this project were presented at the Forestry Research Marketplace as part of the general presentation on the NWO FEC (see page 37).

KEYWORDS:

balsam fir, balsam poplar, beaked hazel, black spruce, forest ecology, forest ecosystem classification, forest habitats, jack pine, mountain maple, phenology, red pine, reproductive habits, soil/site relationships, technology transfer, trembling aspen, vegetation competition, weed management, white birch, white spruce

Preparation of a Monograph on Forest and Woodland Soils of the Southern James Bay Area, Northern Ontario.

Project reference number:	33048
Investigator/contractor:	G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario.
Scientific authority:	Dr. R.A. Sims, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To prepare for publication a technical monograph on the organic and mineral soils associated with forest and woodland ecosystems in the southern James Bay area of northern Ontario.

Southern James Bay lowlands (R. Sims)

DESCRIPTION:

Fully one quarter of the land area of Ontario falls within the subarctic, peatland-dominated environments of the Hudson Bay Lowland. Unlike the rest of the Hudson Bay Lowland, which falls north of the commercial treeline, the southern James Bay area supports good forest growth on productive soils associated with the larger river basins. However, even here forest stands are usually small, scattered and of variable quality. Stands are typically dominated by black spruce, tamarack, jack pine, white birch and trembling aspen, all species of potential commercial interest.

Along the southernmost fringes of the Hudson Bay Lowland, south and southwest of James Bay, commercial cutting of black spruce is already underway. This industrial encroachment into the forests of the southern Lowland will undoubtedly continue and will probably increase. The trees in this area constitute an important gene pool, comprising species that have adapted over time to inherently more difficult growing conditions than those that prevail in more southerly forests. A good understanding of the ecological relationships within these sensitive subarctic forests and adjacent ecosystems is clearly an essential prelude to their future management and the proper evaluation of alternative land-use demands. In particular, there is a need for better baseline information on the characteristics, genesis and productive capacity of the soils in the area.

A detailed survey of ecosystems in the Hudson Bay Lowland (Cowell et al. 1979) was conducted by staff of the Federal Lands Directorate, the Canadian Wildlife Service and Forestry Canada during the period from 1977 to 1980. Although numerous publications and reports resulted from this work, a final report dealing with the soils of the southern Lowland was never completed. The present project provided for the assembly and interpretation of previously collected information and its integration, together with new information, into a technical report dealing with the soils of the southern James Bay area. The report includes a literature review and technical information on soil-profile characteristics, soil chemistry, and the relationships among soils, vegetation cover and hydrology.

PROGRESS:

In close consultation with the Scientific Authority, the contractor developed the report format, conducted a

thorough literature review, and collated and organized the various databases before commencing preparation of the report. The Scientific Authority reviewed each section of the report as it was completed; a final, revised version, complete with all figures, photographs and tabular information, was prepared by the contractor.

The report provides a comprehensive overview of the soils of the southern James Bay area on the basis of studies of soil profile data from more than 120 locations. Information on soil chemistry and soil physical characteristics, as well as profile descriptions, are presented and related to major vegetational cover types, including several woodland and forest types.

The report is an illustrated, descriptive technical report that will be of interest to land-use planners and resource managers, as well as to scientists, especially ecologists and those concerned with wetland research. The report contains considerable new baseline information on the soils in the southern James Bay area, including information that will be valuable for use in developing interpretations for current or future forest management activities in the southern Lowland.

Completion date: March 31, 1989

REPORTS:

Cowell, D.W. and Wickware, G.M. 1989. Organic and mineral soils of the southern James Bay coastal zone in relation to landform and vegetation physiognomy. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. File Rep. 39 p.

Wickware, G.M. 1989. Studies in North Central Region, Ontario, related to the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification. p. 29–30 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen). Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. Forestry Canada, Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

forest ecology, Hudson Bay Lowland, hydrology, landforms, peatlands, pedological relationships, soil chemistry, soil/site relationships, soil types, technology transfer

Association of Stand and Site Conditions with Abundance of Black Spruce Advance Growth in the North Central Region of Ontario.

Project reference number:	33037
Investigator/contractor:	G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario.
Scientific authority:	V.F. Haavisto, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

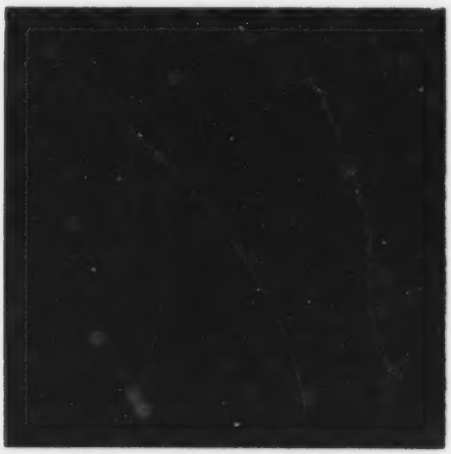
To examine relationships between site and stand conditions and the abundance of black spruce advance growth, and to quantify these relationships for the North Central Region of Ontario.

DESCRIPTION:

Black spruce advance growth (natural regeneration established in the understory) is present in varying quantities throughout the forests of the North Central Region of Ontario. In forests where it is abundant, advance growth could be a ready source of regeneration following harvest. In the Clay Belt of Ontario, many of the stands now being harvested originated from advance growth that survived the horse logging of the 1930s (Virgo 1975). Today, however, black spruce advance growth cannot be relied upon as a source of regeneration for two reasons: (i) it is often damaged or destroyed during mechanized harvesting, and (ii) the stand types in which black spruce advance growth can be expected to occur in abundance and associated stand conditions are not well defined.

The purpose of the present project was to examine the occurrence and distribution of black spruce advance growth across the range of soil and site conditions that occur in the North Central Region of Ontario. This survey was carried out within the framework of the Forest Ecosystem Classification for Northwestern Ontario (NWO FEC) (Sims et al. 1989). A secondary objective was to examine and describe a selection of second-growth black spruce stands that originated as advance growth.

The database for this project consisted of 1300 semi-permanent plots that had been established between 1983 and 1986 during development of the NWO FEC.



Advance growth from layers (G. Wickware)

These included stands representative of soil/site conditions across the entire North Central Region. A subsample of plots was selected that represented all vegetation, soil, site and ecosystem conditions within the NWO FEC sample plot network. Although the intent was to sample 10 plots in each Vegetation Type within the region, for a total of 250 plots, the final selection amounted to only 238 plots. A sample of 10 representative second-growth black spruce stands that originated as advance growth was also described according to standard NWO FEC procedures.

Within each 10- x 10-m NWO FEC plot selected as above, ground surveys were conducted to collect vegetation, soil, site and stand information. On 20 2- x 2-m quadrats in each plot all black spruce, white spruce, jack pine and balsam fir advance growth, categorized in four size classes (1–10, 10–50, 50–200, or >200 cm in height, and up to 2.5 cm in diameter at breast height) were enumerated. Regression techniques were used to establish the relationships between the stocking and density of advance growth and the various stand,

soil and site parameters. This information was used to produce a predictive model for the occurrence of black spruce advance growth in each NWO FEC type.

PROGRESS:

Within the stands examined, 96% of all black spruce advance growth originated from layers. Some vegetation types were characterized by higher average densities of advance growth than others (e.g., hardwood-dominated mixedwoods, 1136 stems/ha; conifer-dominated mixedwoods, 2604 stems/ha; mixed conifer type, 2670 stems/ha). The occurrence of black spruce seedlings and advance growth was also related to soil type, with low densities on many of the 29 Soil Types sampled. Whereas seedlings were absent on shallow-soil types, layers occurred on all soil types, but were especially abundant on the shallow ones. The highest layer densities occurred on moister sites and those with thick organic humus accumulation.

The survey showed that stocking levels of black spruce advance growth are generally low and very variable, although all vegetation and soil types were stocked to some degree. Only in the unmerchantable black spruce bog condition (NWO FEC Type V38) did average stocking levels exceed 60%. Three other Vegetation Types had averages greater than 40% (NWO FEC Types V20, V34 and V37) but that ranged in value from 5 to 90%. All four types are spruce-dominated moist sites with thick surface feathermoss or a *Sphagnum*-dominated organic layer. If most of this advance growth could be protected from logging damage, it might be sufficient to provide adequate stand stocking after harvesting.

The highest densities of black spruce advance growth were associated with wet and nutrient-poor site conditions. Stands with the greatest potential for abundant black spruce advance growth are wet, organic lowland types and nutrient-poor upland types dominated by black spruce. Upland mixedwood stands with a diverse and abundant herb and shrub component appear to produce only limited quantities of advance growth, perhaps because of the drier surface conditions and the reduced opportunity for layering.

With shrinking budgets for regeneration, and an increasing need for reforestation, utilization of advance growth is an attractive low-cost option for black spruce. This research has shown that certain NWO FEC types in the North Central Region of Ontario are characterized by a relative abundance of black spruce advance growth. The results will give the forest manager some predictive capability in determining which vegetation, soil, site and stand conditions are likely to support sufficient advance growth to justify careful logging in order to preserve that advance growth.

Completion date: March 31, 1989

REPORTS:

Wickware, G. 1989. Final report: Stand and site conditions associated with abundance of black spruce and balsam fir advance growth in the North Central Region of Ontario. File Rep. 62 p.

Wickware, G.M. 1989. Studies in North Central Region, Ontario, related to the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification. p. 29–30 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen). Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. Forestry Canada, Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Wickware, G.M., Towill, W.D. and Sims, R.A. Site and stand conditions associated with the occurrence and abundance of black spruce advance growth in North Central Ontario. *In* Proc. IUFRO Northern Forest Silviculture and Management Symposium (Working Party S1.05–12), Gander, Nfld., Aug. 1989. For. Can., Nfld. Region, St. John's, Nfld. (in press)

KEYWORDS:

advance growth, black spruce, forest ecosystem classification, forest ecology, forest management, layering, natural regeneration, second-growth forest

Evaluation of Testate Amoebae (Rhizopoda: Protozoa) as Indicators of Soil Moisture and Oxygenation in Peatland Soils.

Project reference number:	33044
Investigator/contractor:	Dr. B.G. Warner, Department of Earth Sciences and Quaternary Sciences Institute, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.
Scientific authority:	Dr. J.K. Jeglum, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To characterize peatland microsites on the basis of the testate amoebae soil microfauna in various site types in the Wally Creek Area Watershed in northern Ontario.

2. To devise a soil-moisture calibration system for peatlands based on the presence of testate amoebae soil microfauna.

DESCRIPTION:

Testate amoebae (Rhizopoda: Protozoa), also commonly known as rhizopods, comprise one of the dominant components of the soil microfauna in *Sphagnum* peatlands. Estimates of abundance indicate up to 47,000 amoebae per gram (wet weight) in *Sphagnum* peatlands in Ontario (Warner 1987). Approximately 35 taxa are confined to *Sphagnum* peatland habitats and, of these, an average of 12 to 16 taxa are found to coexist in any single habitat type. The ecological habitat requirements are relatively narrow, and are so specific for certain taxa or assemblage groups that their presence can be restricted to a single microsite type.

One unique feature of testate amoebae is their distinctive shell (the testa), which is composed of layers of organic matter, soil particles, fungal hyphae and diatoms cemented together into precisely fitted plates. These shells are not susceptible to decay, and remain in peat (or soil) for many years. The diagnostic taxonomic features of the shell and the abundance of such shells in peat and soil make it possible to reconstruct past soil conditions, for a few decades or for thousands of years, simply by extracting the shells from a sequence of contiguous core samples.

Testate amoeba, Nebela parvula *(B. Warner)*

Available ecological information on the sphagnicolous testate amoebae from both Europe and North America indicates that oxygenation and moisture conditions in the soil are key factors that determine the presence and distribution of these microfauna (Warner 1987). Work on the community composition and distribution of testate amoebae in southern Finland has revealed up to 10 distinct communities in virgin peatlands and peatlands drained and planted for forestry purposes.

This study attempts to characterize peatland microsites in the Wally Creek Area Forest Drainage Project (see also page 13) on the basis of their testate amoebae microfauna. As the distribution of both tree roots and testate amoebae in the soil are influenced by soil oxygenation and moisture content, populations of testate amoebae may provide a useful means of assessing the suitability of peatland sites for forestry purposes.

PROGRESS:

During 1987, more than 1,000 surface peat samples and samples from shallow soil profiles were collected as part of COFRDA Project 33029 (see page 13) from

the full suite of site types within the Wally Creek Watershed Area. Samples were taken both from drained and undrained peatlands, and included all microsite types. Ecological data such as depth to water table, water and peat chemistry, degree of humification and bulk densities of peat samples, peat water content, and vegetational cover were also gathered.

In the first phase of this project, subsamples of the above peat samples are being analyzed to characterize the composition and distribution of populations of testate amoebae. The second phase will expand the sampling, primarily through replication, to correlate the structure of testate amoebae communities with the ecological data.

From analyses completed to date, there appear to be three main assemblages of testate amoebae in the Wally Creek Area Watershed. Group 1 comprises the *Cyclopyxis arcelloides* type, *Nebela militaris*, *Hyalosphenia subflora*, and the *Corythion* type on xeric sites with less than 80% water content. Group 2 comprises *Assulina muscorum*, *Hyalosphenia ovalis*, *Heleopera sphagni*, and *Nebela parvula* on hygric sites with water contents between 81 and 90%. Group 3 comprises *Arcella catinus*, *A. discoides*, *Hyalosphenia papilio*, and *Amphitrema wrightianum* on hydric sites with greater than 91% water content. Further analyses may refine these groupings.

If strong correlations are shown among the structure and distribution of testate amoebae communities and ecological parameters, this may provide a useful tool for assessing the suitability of peatland sites for forestry purposes. The use of testate amoebae as indicators of soil oxygenation and moisture regimes could provide a quick, inexpensive and effective means of evaluating peatland soils, and provide a means for monitoring long-term site changes and succession.

Completion date: March 31, 1989

REPORTS:

Warner, B.G. 1989. Testate amoebae (Protozoa) as indicators of soil moisture and oxygenation for peatland forestry. p. 93 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Warner, B.G. Distribution and abundance of testate amoebae (Rhizopoda: Protozoa) in the Wally Creek Watershed, Ontario. *In* Proc. Symposium '89: Peat and Peatlands, Quebec City, Que., August 6–10, 1989. Can. Soc. Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia. (in press)

KEYWORDS:

black spruce, forest drainage, microsite, oxygenation, peatland drainage, peatlands, soil microfauna, soil moisture, testate amoebae

PHYSIOLOGICAL RELATIONSHIPS

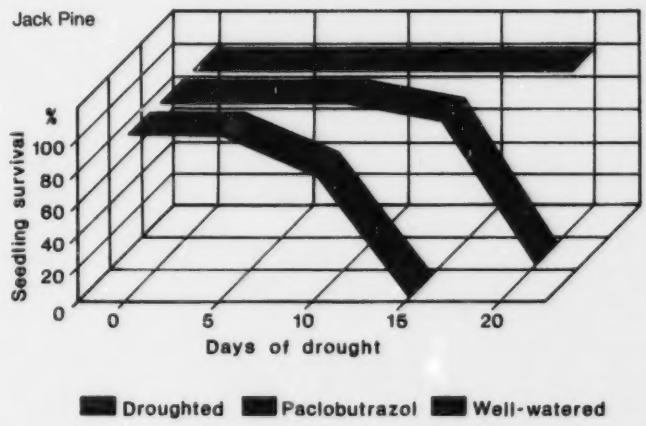
Drought Tolerance and Physiological Mechanisms of Stress Resistance in Northern Coniferous Seedlings.

Project reference number:	33004
Investigator/contractor:	Dr. E.B. Dumbroff, Department of Biology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.
Scientific authority:	Dr. F.D. Beall, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To investigate physiological and biochemical changes associated with seedling adjustment to drought stress, and to determine which changes convey the highest degree of stress resistance.

2. To investigate potential practical treatments capable of inducing the physiological and/or morphological conditions associated with increased drought tolerance.



Effect of treatment with paclobutrazol

DESCRIPTION:

Moisture stress (i.e., any intensity of drought) is a common factor that contributes to mortality and reduced early growth in young plantations of spruce and pine. This is especially true of physiologically active "current" container stock planted in summer on sites subject to even short periods of drought. Although cultural prescriptions necessary to effectively reduce these losses are urgently needed, their development has been delayed by a lack of basic physiological information concerning the morphological and, in particular, the physiological characteristics that convey drought tolerance to newly planted seedlings.

In this continuation of previous work (Canada–Ontario Forest Management Subsidiary Agreement Project No. 585043), the aims are (i) to elucidate the biochemistry and physiology of drought tolerance/adaptation in seedlings of black spruce, white spruce and jack pine, and (ii) through manipulation of the factors that contribute to drought tolerance, to attempt to develop practical cultural treatments that will increase the survival potential and drought tolerance of outplanted conifer seedlings.

PROGRESS:

Commercial antitranspirants, synthetic mulches and ion loading were investigated for their potential to increase seedling survival during severe drought stress. White spruce was shown to be the most drought tolerant of the three species and responded least to the treatments tested. In contrast, jack pine and black spruce survival was extended by as much as six days with a combination of antitranspirants and synthetic mulch treatments. Ion loading with potassium chloride also increased drought tolerance, but its efficacy was depressed under conditions of high temperature stress (30°C day/24°C night). Measurement of chlorophyll–a fluorescence in untreated controls and severely stressed seedlings closely paralleled the field observations and showed that the photosynthetic system of jack pine was the most stable and that of white spruce the least. This technique

shows promise as a convenient tool for rapid assessment of seedling physiological status.

Further studies on treatments that could promote drought hardiness have shown that abscisic acid (a naturally occurring antitranspirant) and paclobutrazol (a synthetic plant growth regulator) can also increase the survival of jack pine and the spruces in response to severe drought. Both compounds increased stomatal adjustment rates, reduced stomatal conductance, promoted higher water contents and increased water potentials during the drought period without affecting these parameters during the pre-drought period.

More fundamental research has focused on the biochemical changes associated with drought stress. Drought stress induces a significant decrease in the polar lipid fraction in white spruce, black spruce and jack pine, whereas the neutral lipid fraction remains relatively stable. However, significant changes in the side chains of the fatty acids were noted in the neutral lipid fractions whereas little change was observed in the side chains of the polar lipids. These changes may be associated with membrane stabilization. Pools of free amino acids have also been shown to increase in response to drought stress. These changes may be related to mechanisms for adjusting osmotic potential, protecting enzyme/membrane integrity and storing nitrogen in a nontoxic form as an adaptive response to drought stress.

Changes in gene expression in response to drought stress, heat stress and mechanical stimulation have been studied in jack pine. Specific proteins are synthesized in response to different stresses. For example, the shock of lifting seedlings from the soil induced synthesis of 52- and 57-kD polypeptide gene products. Seedlings that had been drought stressed for 48 hours in small volumes of peat moss showed enhanced synthesis of 50-, 39-, 30- and 21-kD gene products. These proteins may be related to stress-adaptive mechanisms.

This work is giving us a better understanding of the basic physiological processes that govern drought tolerance in coniferous seedlings, and will contribute to the development of cultural prescriptions that will produce drought-hardy container stock.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Cyr, D.R., Buxton, G., Webb, D.P. and Dumbroff, E.B. Accumulation of free amino acids in shoots and roots of three northern conifers during drought. (submitted to journal)

Cyr, D.R., Waite, J.L. and Dumbroff, E.B. 1986. Annual report: Preconditioning of coniferous container stock by induction of drought tolerance. File Rep. 64 p.

Dumbroff, E.B. 1987. Drought tolerance and the physiological mechanisms of resistance in northern coniferous seedlings. File Rep. 2 p.

Dumbroff, E.B. and Marshall, J.G. 1989. Drought tolerance and the physiological mechanisms of resistance in northern coniferous seedlings. File Rep. 2 p.

Marshall, J. and Dumbroff, E.B. 1989. Paclobutrazol increases resistance to drought in northern conifers. p. 8 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Roberts, D.R. and Dumbroff, E.B. 1986. Relationships among drought resistance, transpiration rates, and abscisic acid levels in three northern conifers. Tree Physiol. 1:161–167

KEYWORDS:

artificial regeneration, black spruce, conditioning, container stock, drought tolerance, jack pine, moisture stress, molecular biology, planting, seedling physiology, seedling survival, stomatal conductance, water relations, white spruce

Planting Stock Quality and the Adaptation of Coniferous Outplants to Site.

Project reference number:	33005
Investigator/contractor:	Dr. T.J. Blake, ABL Forest Science Inc., Toronto, Ontario. (Company is no longer in business; Dr. Blake remains on staff at the Faculty of Forestry, University of Toronto.)
Scientific authority:	Dr. R.F. Sutton, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To determine the nature, intensity, and duration of planting shock in black spruce outplants on representative sites in the boreal forest of Ontario.

2. To investigate the main physiological processes and changes involved in the adaptation of black spruce outplants to site, and to determine how these changes may be influenced, by cultural and/or handling practices, to benefit seedling establishment.

DESCRIPTION:

It is well recognized that the physiological characteristics of planting stock (Ritchie 1984) are important in determining the performance of outplanted conifers. There is thus a need to understand the main processes involved in seedling adaptation to site as well as the factors that control the ability of newly outplanted seedlings to regenerate new roots and commence shoot growth rapidly. Once these factors have been elucidated, it should be possible to develop techniques for preconditioning seedlings to capitalize on the performance potential of planting stock during the critical establishment phase.

The purpose of this project was to investigate the major factors that control the early physiological and morphological adaptation of black spruce outplants on representative sites in boreal Ontario. This included comparisons of the physiological responses of different stock types and clones to water deficits, and an evaluation of various conditioning treatments.

Study plots were established in 1985 and 1986 on three shearbladed sites (upland, lowland and intermediate) on the Abitibi–Price Inc. timber limits about 80 km northwest of Iroquois Falls, Ontario (50° 28'N). Standard black spruce nursery stock ($1^1/_2 + 1^1/_2$ bareroot, and overwintered and current container) and a number of clones grown from rooted cuttings were outplanted on each of these sites, characterized morphologically, and monitored physiologically (seedling water relations) over three growing seasons. In addition, studies were conducted to evaluate the effectiveness of environmental and chemical preconditioning treatments in promoting drought resistance.

Supplementary greenhouse studies were conducted in support of the field investigations.

Measurement of stomatal conductance (G. Hart)

PROGRESS:

The central investigation of the role of environmental factors in controlling physiological processes in outplanted black spruce demonstrated the critical nature of moisture stress in seedling establishment. Faster-growing, stress-tolerant trees were characterized by high stomatal conductance under good growing conditions, and possessed the ability to close their stomata rapidly in response to excess transpirational water loss. These characteristics, plus the ability to lower the turgor-loss point actively in response to drought (osmoregulation) may be primary factors in the adaptation of newly outplanted conifers.

Phenotypic variation in the physiological adaptation of black spruce to the planting site varied greatly among stock treatments, suggesting that stock types differ in their ability to tolerate drought. In comparison with bareroot and overwintered container stock, current container stock was least able to control stomatal conductance, and suffered high midsummer transpiration rates and plant moisture stress levels as a consequence. In container stock, especially, it is evident that early seedling performance is strongly influenced by nursery cultural regime, to the extent that both stress resistance and growth response may differ for the same stock type raised in different greenhouses.

The results suggest that preconditioning needs are different for bareroot and container stock. Treatments to improve the physiological quality of bareroot stock should aim to increase root growth and root tissue conductivity early in the season. In current container stock, treatments should attempt either to lower the turgor loss point or to induce greater stomatal sensitivity in response to increasing internal water deficits. Abscisic acid, polyethylene glycol and night chilling showed promise as preconditioning treatments for container stock.

Completion date: March 31, 1988.

REPORTS:

Blake, T.J. 1986. Physiological mechanisms affecting adaptation to site and early plantation performance. 47 p. *in* Fitness for Purpose, Proc. Stock Production Development Activity Seminar on Stock Standards and Early Plantation Performance, Dec. 1986, Ont. Min. Nat. Resour., Northern For. Devel. Gr., Timmins, Ont.

Blake, T.J. 1987. Chemical conditioning treatments improve the performance of current black spruce container stock. File Rep. 27 p.

Blake, T.J. and Bevilacqua, E. 1987. Effect of pre-conditioning treatments on stomatal responses and cell water relations in black spruce container stock: results from 1987 field work. File Rep. 58 p.

Blake, T.J., Bevilacqua, E., Zwiazek, J.J., Abrams, S.R. and Sutton, R.F. Effects of preconditioning with ABA, a synthetic analog and polyethylene glycol on water relations and drought tolerance of black spruce. Plant Growth Regulator Society of America (in press).

Blake, T.J. and Ford, R. 1986. Early progeny testing: development of techniques for early selection of superior clones. Ont. Min. Nat. Resour., Northern For. Devel. Gr., Timmins, Ont. On Line 2(3):1–2.

Blake, T.J. and Sutton, R.F. 1987. Variation in water relations of black spruce stock types planted in Ontario. Tree Physiol. 3(4):331–343.

Blake, T.J., Zwiazek, J.J., Abrams, S.R., Sutton, R.F. and Bevilacqua, E. 1989. Conditioning improves planting stock quality. p. 8 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

artificial regeneration, bareroot stock, black spruce, clonal selection, conditioning, container stock, drought tolerance, moisture stress, planting, rooted cuttings, seedling growth, seedling physiology, stomatal conductance, turgor loss, water relations

Reduction of Drought and Low-temperature Stress in Coniferous Seedlings with Sterol-inhibiting Growth Regulators.

Project reference number:	33013
Investigator/contractor:	Dr. G. Hofstra, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario.
Scientific authority:	Dr. C. Glerum, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To determine the ability of new sterol-inhibiting compounds to increase tolerance to drought and low-temperature stress in conifer seedlings.

2. To compare, for different uses, the potency and the effective methods, rates and timing of application for these compounds.

3. To develop effective application of these methods under operational conditions.

DESCRIPTION:

The triazoles are a group of compounds that display both fungicidal and plant growth regulation properties. They have been shown to inhibit certain stages in the isoprenoid pathway, the source of many important plant sterols and growth regulators. Their effects on plant growth are believed to be a result of their ability to inhibit synthesis of gibberellins and to influence the balance of other important plant hormones, such as abscisic acid (ABA) and cytokinins.

Recent work has demonstrated that triazoles have the ability to protect plants from several unrelated stresses, such as drought, low and high temperatures, and atmospheric pollutants. This may be, in part, a result of their ability to increase levels of the "stress hormone" ABA. Increased hardiness, reductions in plant height, enhanced protein synthesis and reduced stomatal conductance are some of the accompanying changes that have been observed in a number of species.

Previous research into the plant-protective properties of the triazoles used herbaceous plant material, such as beans, wheat and barley. This project extends that research to coniferous seedlings, namely black spruce, jack pine and white spruce.

Triazole-treated spruce roots (at left) (J. Zandstra)

The ability of the triazoles to reduce drought stress in containerized seedlings was evaluated initially in the greenhouse under uniform drying conditions. Optimum rates, timing and methods of application were determined for different triazole compounds, and seedling survival was evaluated on the basis of a visual rating scale. Freezing tolerance was determined with the aid of a programmable chest freezer; the temperature was reduced at a rate of 1.5–2.0°C per hour and seedlings were removed at regular intervals to assess their survival.

The morphological and physiological response of seedlings to various triazole compounds is being evaluated to determine their mode of action in reducing

stress, and to monitor any negative effects upon the seedlings.

Compounds that showed promise in the greenhouse trials are being tested on outplanted seedlings to assess their effectiveness in the field and their potential for use under operational conditions. Both containerized and bareroot white spruce seedlings are being evaluated, whereas tests on jack pine and black spruce are confined to container stock.

PROGRESS:

The most promising compounds identified to date are the triazoles uniconazole, propiconazole and triadimefon. Treatment as a soil drench appears to be the most effective method of application, but only if applied 10–14 days prior to the onset of stress. Application rates for the three chemicals differ because of differences in their potency.

Initial research has demonstrated that the triazoles have only minimal effectiveness in reducing low-temperature stress. However, although this research was not pursued, subsequent discussions with provincial nursery staff have indicated that the observed small (1–2°C) improvement in low-temperature tolerance could be beneficial in northern nurseries where there is a risk of late frosts after the spring container crop has been moved outdoors.

Reducing drought stress with triazoles has shown more promise. In a greenhouse situation, white spruce container stock survived up to 11 days longer than controls under artificial drought. Similar results were found in jack pine and black spruce, but the survival benefit was shorter, 5–6 days. This improvement in survival may be attributed partly to a reduced rate of water consumption. Triazole-treated seedlings exhibit increased stomatal resistance and a decrease in transpirational water loss. Root growth in black spruce and jack pine was enhanced in some cases, but difficulty has been experienced in trying to duplicate this effect. Increases in epicuticular wax have been noted in white spruce seedlings.

Field tests with triazoles in 1987 and 1988 met with only limited success. In neither year were drought conditions sufficiently severe to cause high mortality in the control seedlings. The 1989 growing season is proving to be more effective in this regard, and should allow an evaluation of the potential operational value of triazole treatment.

Despite the considerable investment put into seedling production and outplanting in Ontario, significant numbers of outplants are lost to factors such as insects, disease, fire, animals, frost and drought. The latter is often the most significant contributor to seedling mortality. If operationally successful, triazole treatment of seedlings could help to alleviate this situation, especially in current container stock, with significant benefit to the provincial reforestation program.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Pullen, J.E., Hofstra, G. and Fletcher, R.A. 1988. Drought and frost resistance in white spruce. 8th Annual Northeastern Forestry Graduate Students Conference, Syracuse, New York, February 2–4, 1988. (copies available from J.E. Pullen, c/o Dep. Environ. Biol., Univ. Guelph, Ont.)

Pullen, J.E., Zandstra, J.W., Hofstra, G. and Fletcher, R.A. 1989. Increasing drought tolerance in conifer seedlings with triazoles. p. 10 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

bareroot stock, black spruce, conditioning, container stock, drought tolerance, frost resistance, jack pine, moisture stress, root development, seedling physiology, seedling survival, stomatal conductance, triazoles, water relations, white spruce

Establishment and Early Growth of Black Spruce Planting Stock in Relation to Seedling Physiology at Time of Outplanting.

Project reference number:	33024
Investigator/contractor:	R.J. Day, School of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario.
Scientific authority:	Dr. K.M. McClain, Northern Forest Research Unit, Ontario Ministry of Natural Resources, Thunder Bay, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To evaluate the performance of regional black spruce plantations in the Thunder Bay district of North Central Ontario.

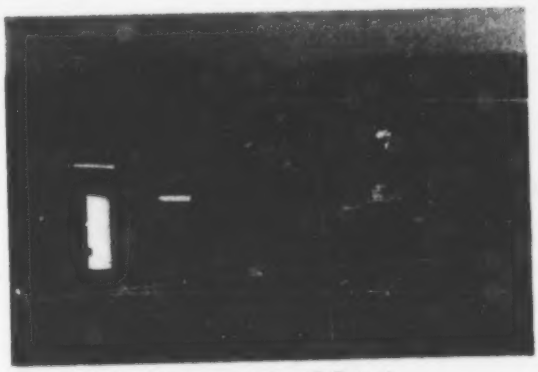
2. To evaluate the morphological and physiological characteristics of fall- and spring-lifted $1^1/_2 + 1^1/_2$ black spruce transplants subjected to different conditioning treatments prior to planting.

3. To evaluate the impact of conditioning treatments on the water relations of black spruce planting stock under controlled, nursery and field conditions, and to correlate the results with outplant performance.

DESCRIPTION:

Black spruce is the most important pulpwood species in Ontario, and is the dominant species in 41% of the province's productive forest (Ketcheson and Jeglum 1972). This is reflected in the provincial reforestation program; in 1987/1988, more than 68 million black spruce seedlings were produced, amounting to nearly 42% of the total production of 163 million trees (Anon. 1988). It is therefore clear that good survival and growth performance of these seedlings after outplanting are crucial to the well-being of the forest industry.

Many factors affect the performance potential of seedlings and there is mounting evidence to show that there are carry-over effects from nursery cultural practices that may lead to reduced stand productivity. Both frozen storage and cold storage are known to affect seedling physiology and outplanting performance, but these effects are not well defined. This project was initiated to investigate the effects of differences in lifting date, storage method and conditioning upon seedling performance. It was conducted under controlled, semi-controlled and field conditions in the North Central Region of Ontario, in the Thunder Bay district.



Evaluation of seedling water relations (R. Butson)

Black spruce transplant stock ($1^1/_2 + 1^1/_2$) from the Thunder Bay tree nursery was (a) lifted in fall and stored frozen overwinter at -2 ± 1^oC, followed by conditioning at 2 ± 1^oC for 7 or 48 hours before planting, (b) spring-lifted and cool-stored at 2 ± 1^oC until planting, or (c) freshly lifted before planting. The trees were planted in spring or late summer in a series of growth-chamber studies, in a nursery environment or in the field. The nursery study included thinned, undisturbed stock in the nursery transplant beds. Various seedling morphological characteristics were measured as well as physiological parameters describing physiological condition. Of particular interest was the impact of lifting and conditioning regime upon plant water relations during the critical early stages of seedling establishment.

PROGRESS:

All field and laboratory work has now been completed. Preliminary analysis of the resulting data indicates that

lifting date and the duration and temperature of storage affected seedling physiology through their effects on early post-planting water relations. Most importantly, the results indicate that commonly used lifting and storage practices affect water relations through interactions with both early root growth and stomatal function. Fall-lifted trees exhibited prolific root growth but were ineffective in controlling transpirational water losses. They would therefore be prone to desiccation if planted in the field during times of seasonal moisture stress. Spring-lifted trees were able to reduce water loss more effectively during establishment but showed poorer root development than those lifted in fall. The length of the conditioning period after frozen storage had no measurable effect on seedling water relations.

These results suggest that spring-lifted transplants would become established more dependably than fall-lifted trees over the range of conditions that might be experienced after outplanting. This is a result of their ability to regulate stomatal conductance better, reduce transpirational water loss and maintain a favorable internal water balance during the early stages of seedling establishment despite a lower root growth capacity.

The findings of this research have advanced our understanding of how nursery handling practices affect seedling physiology and subsequent outplant performance through alterations in their water relations. The results emphasize the need to determine the potential impacts of all planting stock handling practices on seedling physiological status and their relationship to outplant performance. Failure to do so may allow the continuance of handling practices that preclude the attainment of maximum field performance.

Completion date: March 31, 1991.

REPORTS:

Butson, R.G. Establishment and early growth of black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) in relation to selected nursery lifting and storage practices. M.Sc.F. thesis, School of Forestry, Lakehead University, Thunder Bay, Ont. (submitted for defence)

Butson, R.G. and Day, R.J. 1989. Establishment and early growth of black spruce in relation to selected nursery lifting and storage practices. p. 13 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen). Forestry Research Marketplace. Abstracts: research, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Day, R.J. and Butson, R.G. 1986. Progress report: Establishment and early growth of black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) in relation to seedling physiology at time of outplanting. File Rep. 14 p.

Day, R.J. and Butson, R.G. 1989. Seedling–water relationships after outplanting. p. 55–62 *in* D.C. MacIver, R.B. Skeet and A.N. Auclair (Ed.). Climate applications in forest renewal and forest production. Proc. Forest Climate '86. Gov't Can., Can. Gov't Publishing Centre, Ottawa, Ont.

KEYWORDS:

artificial regeneration, bareroot stock, black spruce, conditioning, moisture stress, nursery production, planting, root growth capacity, seedling growth, seedling physiology, seedling survival, stomatal conductance, water relations

An Investigation into the Roles of Reserve Proteins in Overwintering Trees in Northern Ontario.

Project reference number:	33033
Investigator/contractor:	Dr. J.S. Greenwood, Department of Botany, University of Guelph, Guelph, Ontario.
Scientific authority:	Dr. C. Glerum, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVES:

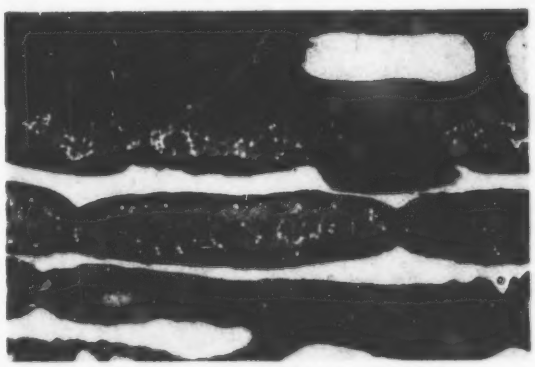
1. To determine whether forest trees store nitrogen as specific reserve proteins during the overwintering period.

2. To investigate the physiology of reserve-protein accumulation and its role in nitrogen storage in overwintering forest tree species.

DESCRIPTION:

Despite the importance of nitrogen for tree growth, there has been some controversy concerning the chemical nature of the storage forms of nitrogen in trees. Until recently, the role of proteins in this function has mostly been ignored. However, recent evidence from studies with fruit trees (Titus and Kang 1982, Greenwood et al. 1986) supports earlier hypotheses that specific reserve proteins play an important role in overwinter nitrogen storage. Mobilization of these reserve proteins, and the consequent release of amino acids, is believed to support the anabolic metabolism associated with early spring growth.

This project was initiated to determine the role of reserve proteins in the temporary overwinter storage of nitrogen in forest trees. The first phase investigated whether sequestering of reserve proteins prior to overwintering is a common phenomenon. Shoot samples of 11 hardwoods (sugar maple, alder, white birch, beech, ash, honey-locust, poplar, red oak, black locust, willow, basswood), and shoot and needle samples of seven softwoods (balsam fir, European larch, Norway spruce, white spruce, white pine, Scots pine, and eastern white cedar) were collected monthly over several seasons from moderately fertilized trees growing in the University of Guelph Arboretum.



Protein concentration in willow bark (J. Greenwood)

Chemical analyses concentrated on the bark tissues of the hardwoods and the bark and needle tissues of the softwoods. Protein-complement analysis and characterization were performed electrophoretically. Light and electron microscopy were used to determine the presence of specialized organelles for protein storage (protein bodies) in the tissues, and to determine whether any organelles present were formed coincidentally with the sequestering of specific reserve proteins.

In the second phase of the project, standard analytical procedures are being used to investigate the relative contributions of total and specific reserve proteins, as well as other nitrogenous compounds, to total stored nitrogen in willow, sugar maple and white pine. At the same time, the effects of nitrogen deprivation and supplementation on the accumulation of reserve proteins and other nitrogenous compounds is being studied in potted seedlings.

PROGRESS:

Preliminary results indicate that proteins play a prominent role in nitrogen storage in forest trees, and may account for more than 50% of the total nitrogen reserves in the bark tissues of overwintering trees. In general, winter samples showed a three- to four-fold increase in total protein content compared with summer samples.

Nine of the 11 hardwoods produced specific reserve proteins, which fluctuated seasonally. These proteins accounted for the major portion (up to 30%) of the total protein content during the overwintering period. Reserve proteins accumulate during the autumn months (as early as late August in eastern cottonwood and as late as mid-October in sugar maple), remain at high levels in the bark tissues during winter and decline during the spring flush of growth. Microscopic analyses showed that cells of the cambium and phloem parenchyma are the primary sites of reserve-protein accumulation. Protein bodies were conspicuous within the cells of these tissues immediately prior to and during the overwintering period (see accompanying micrograph).

Results were less clear in the softwoods. Electrophoretic analyses indicated that specific reserve proteins, which fluctuate seasonally, occur only in European larch, white pine and Scots pine, and then only in the bark tissues. However, protein bodies were observed in the overwinter tissues of both these and several other species. It is possible that reserve proteins may be retained within needle tissues throughout the year, in which case fluctuations in a specific protein would not be detected by electrophoresis. Protein bodies may develop in response to increases in total protein content during the winter-hardening period.

The characterization of overwinter reserve proteins in selected species is ongoing, as are studies of the physiological role of proteins in overwinter nitrogen storage.

The principal objective of this research is to gain a more thorough understanding of nitrogen metabolism in forest tree species as it relates to the overwintering process. The results could allow for improvements in stock production and planting practices by using the occurrence of specific reserve proteins in bark tissues as indicators of hardening and dormancy. In addition, carefully timed applications of nitrogenous fertilizers to plantations, designed to incorporate the nitrogen into reserve proteins, could lead to improved biomass production.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Demmers, C., Greenwood, J.S. and Wetzel, S.. 1989. Vegetative storage proteins in the bark of willow: protein body development prior to overwintering. Suppl. to Plant Physiol. 89: Abstr. 86.

Wetzel, S., Demmers, C. and Greenwood, J.S. 1989. Vegetative storage proteins in the bark of willow: characterization of the 32 kD reserve protein. Suppl. to Plant Physiol. 89: Abstr. 89.

Wetzel, S., Demmers, C. and Greenwood, J.S. 1989. Storage proteins are a potential form of nitrogen storage in several overwintering forest tree species. p. 96 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Wetzel, S., Demmers, C. and Greenwood, J.S. Spherical organelles, analogous to seed protein bodies, fluctuate seasonally in parenchymatous cells of hardwoods. Can. J. Bot. (in press).

Wetzel, S. and Greenwood, J.S. 1988. Nitrogen storage in the bark of overwintering temperate hardwoods. Suppl. to Plant Physiol. 86: Abstr. 608.

Wetzel, S. and Greenwood, J.S. Proteins as a potential nitrogen storage compound in bark and leaves of several softwoods. Trees. (in press).

KEYWORDS:

conditioning, eastern cottonwood, European larch, fertilization, mineral nutrition, nitrogen metabolism, nitrogen storage, nutrient status, overwintering, protein bodies, reserve proteins, Scots pine, seedling physiology, sugar maple, white pine

Jack Pine and Black Spruce Seedlot Improvement for Single-seed Container Sowing: Physiological and Biochemical Investigations.

Project reference number:	33035
Investigator/contractor:	Dr. L. Malek, Department of Biology, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario.
Scientific authority:	Dr. K.M. McClain, Northern Forest Research Unit, Ontario Ministry of Natural Resources, Thunder Bay, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To determine the biochemical changes in coniferous seed invigorated by osmotic priming with polyethylene glycol 6000 in terms of seed-protein hydrolytic activity and amino acid content.

2. To determine if seed size selection and osmotic priming are beneficially additive and can improve stocking rates in single-seed sowing of Castle and Cooke containers.

3. To determine the effects of osmotic priming upon the usability of non-selected residual seed.

DESCRIPTION:

The sowing of seed is commonly one of the least efficient steps in the production of containerized coniferous seedlings. Even with the newer sowing technologies, expensive seed is often wasted because of the necessity of sowing more than one seed per container in order to ensure full tray stocking. In addition to the value of this wasted seed, nurseries must face the additional costs involved in thinning multiple seedlings. If the labor-intensive thinning step could be eliminated, substantial savings could be realized at large nurseries.

Although the seed supplied to container nurseries in Ontario is usually of high quality as judged by germination tests, germinant establishment may be reduced even under the favorable environmental conditions provided by a greenhouse. This may be caused by low germinant vigor, errors in sowing, or errors in environmental control. The last two factors can be alleviated through greater attention to equipment calibration and better control of sowing quality.

Osmotic priming of tree seeds (For. Can.)

Improvements to seed can also be sought to improve germination rate and germinant vigor. Seed weight and size are thought to influence germination rate, but results are often inconsistent (Edwards and Hartwig 1971). Hence, various seed invigoration procedures aimed at increasing germination rate have been devised (Heydecker and Coolbear 1977). Osmotic priming with polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) has been tested and used widely (Bewley and Black 1982).

Apart from the advantages of seed invigoration, there is a need to understand the metabolic basis for rapid germination in treated seeds. It has been postulated (Bonner 1986) that rapid seedling emergence from primed seeds is related to increased proteolytic activity initiated during pre-imbibition in PEG 6000 and, possibly, to higher levels of free amino acids formed as

a result of decreased membrane leakage associated with imbibition in PEG 6000.

In this project, seed invigoration through osmotic priming with PEG 6000 is being investigated to determine its potential value as a means of obtaining high seedling stocking from single-seed sowing in the production of container stock. The effect of osmotic priming on three weight classes of black spruce and jack pine seed is being evaluated in terms of germination rate, total germination, germinant vigor and container stocking. Treated and untreated seeds were sown in Castle and Cook containers and are being grown under a range of growing environments. Biochemical tests will monitor seed proteolytic activity in jack pine embryos and endosperms. The results of these tests will be correlated with the performance attributes of treated and untreated seeds.

PROGRESS:

Results with black spruce sown in Castle and Cooke containers indicate that, whereas osmotic priming with PEG 6000 significantly accelerates germination and seedling establishment, it does not bring about any improvement in total germination. Seed selection on the basis of weight does not appear to have any influence upon container stocking, although a strong relationship exists between seed density and the early growth rate of the resultant seedlings. The research on black spruce is continuing and will be extended to jack pine.

Preliminary biochemical studies have led to the purification of a pepsin-like proteolytic enzyme from jack pine seeds. Work is continuing to characterize the role of this enzyme in the germination process and to determine its reaction in osmotically primed seeds.

Application of the osmotic priming technique, if successful in reliably producing high tray stocking with single-seed sowing, could have major benefits in the production of coniferous container stock. The savings, both in seed and the costs of thinning, could have a substantial economic impact upon the industry, as well as making for a more efficient production process. New information on early-germination metabolism in coniferous seeds may help to explain the beneficial effects of osmotic priming, and will lay the groundwork for research into other aspects of seed metabolism.

Completion date: March 31, 1991.

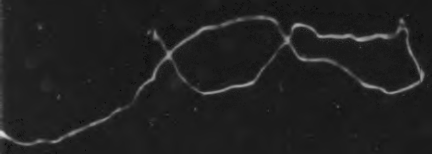
REPORTS:

Bourgeois, J. Priming physiology and proteinase purification from resting jack pine seeds. M.Sc. thesis, Dep. Biology, Lakehead Univ., Thunder Bay, Ont. (submitted for defence)

Malek, L. 1989. Sowing of single seeds in containers. p. 3 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

black spruce, container stock, germination, jack pine, nursery production, osmotic priming, polyethylene glycol, proteolytic enzyme, seed metabolism, seedling physiology



TREE IMPROVEMENT AND GENETICS

Chemical Characterization of Jack Pine as a Contribution to the Development of Genetic Selection Criteria for Improving Fiber Utilization.

Project reference number:	33007, 33032
Investigator/contractor:	Dr. D.N. Roy, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. G. Buchert, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To characterize the chemical and physical properties of the wood within and between different jack pine plus trees.

2. To determine the effect of variations in the chemical and physical properties of wood on the delignification properties of bulk lignins in different jack pine plus trees.

3. To characterize the chemical composition of extractives within jack pine trees and the variation in extractive content at different heights in a tree.

Processing jack pine discs (B. Wong)

DESCRIPTION:

As the second most abundant conifer of the boreal forest in central and eastern Canada, jack pine is a mainstay of the forest industry. However, jack pine is considered undesirable for certain pulping processes, mainly because the wood is characterized by heavier-walled tracheids than spruce or fir that make it difficult to refine, and because of the abundance of extractives. The latter are especially abundant in the heartwood of larger, older (>50 years) trees, making for difficult pulping of wood from natural stands of mature jack pine. In managed stands, the use of appropriately selected trees might help to minimize these problems.

Tree improvement programs in Ontario have generally used form and growth characteristics as criteria in selecting jack pine plus trees. Clearly, it is important to establish the relationships between these characteristics and wood properties if the commercial value of the end product is to be optimized. The goal is to select superior trees that can be used as a pulpwood resource, both in terms of increased wood production and the suitability of that wood for pulping.

An impediment to the implementation of operational tree improvement programs for jack pine as outlined above is the limited amount of information available on the natural variation in its wood properties and the heritability of different wood-quality traits. Knowledge of the variability in chemical and physical wood properties within and between trees, and their relationship to pulping characteristics, is essential information for the breeder and resource planner. This project addresses these questions.

In the first phase of the work (Project 33007), sample discs about 8 cm thick were cut at breast height from 25 jack pine plus trees, ranging in age from 52 to 69 years, harvested near Fort Frances, Ontario. Separate slices were subsequently taken from these discs for determination of heartwood/sapwood properties, specific gravity and delignification (pulping) characteristics, respectively. Specific-gravity samples were subdivided

into five diameter zones for determination of within-tree variation in this characteristic. Similar subsamples were taken for the determination of between- and within-tree distribution of soluble extractives and the quantification of cellulose content and acid-soluble and acid-insoluble lignin content.

Whereas, in phase one, sample discs were taken only from breast height, a more detailed investigation is being conducted in the second phase (Project 33032) to determine both the vertical and radial variation in extractive and cellulose contents and specific gravity within and between trees.

PROGRESS:

In the first phase, wide variations in both chemical and physical properties as well as delignification characteristics were found within and between trees. The proportion of heartwood varied between 26 and 60% of the disc area at breast height, although there was not always a direct relationship with tree age. Similarly, specific gravity also varied significantly (from 0.38 to 0.53), with the highest values generally occurring at the heartwood/sapwood border and the lowest values at the pith. Such variation could lead to differences of 30 to 40% in chemical pulping yields.

The average lignin content in the heartwood was generally slightly higher than in the sapwood. In contrast to hardwoods, the acid-soluble lignin content was very low in jack pine plus trees and contributed only about 0.1% of total lignin. Extractive content varied from tree to tree and from zone to zone within each tree disc. The highest extractive contents were found at the heartwood/sapwood border, with lower values towards the pith and bark. The alphacellulose content increased gradually from pith to bark in all trees, although the differences were no more than 3%.

The pulping trials indicated that jack pine requires the same energies of activation for chemical pulping as spruce. No significant variation in requirements was noted between sapwood and heartwood.

From the point of view of the pulp and paper industry, the ideal furnish for pulping, in general terms, is wood with a low content of heartwood, a high specific gravity, high long-fiber content, low lignin content, low content of extractives, a high cellulose content, and a low energy requirement for pulping. This research has demonstrated wide within- and between-tree variation in these properties in jack pine plus trees. An important preliminary finding is that certain trees were superior in some wood property characteristics, whereas other trees were superior in other wood properties. Clearly, there is an opportunity for tree breeders to select for wood properties in jack pine if the economic incentive emerges. Work on the second phase continues.

Completion date: March 31, 1990

REPORTS:

Roy, D.N. and Deka, G.C. 1988. Final report: Chemical characterization of jack pine (*Pinus banksiana* L.) as a contribution to developing genetic selection criteria for improving fibre utilization. File Rep. iv + 81 p.

Roy, D.N., Deka, G.C., Buchert, G. and Wong, B.M. 1989. Chemical characteristics and pulping behavior as criteria for use in selecting superior jack pine. p. 83 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

cellulose content, delignification, extractives, heartwood, jack pine, lignin, pulping characteristics, sapwood, specific gravity, tree improvement

Calibrating Soil Nutrient Standards for Black Spruce Seed Orchard Management.

Project reference number:	33009
Investigator/contractor:	Dr. F.C. Lozano, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. I.K. Morrison, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To establish soil levels of nitrogen, phosphorus and potassium that are optimum for the establishment of black spruce seed orchards by means of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS).

2. To validate the efficiency of DRIS in diagnosing the nutrient status that results from field fertilization.

3. To establish critical nutrient levels, and assess whether DRIS is more sensitive in diagnosing nutrient status than the critical-value method.

Young black spruce seed orchard (F. Lozano)

DESCRIPTION:

In Ontario, the use of genetically improved black spruce planting stock is expected to become a significant feature of the reforestation program. To achieve this, the Province has already embarked upon a program to establish black spruce seed orchards. A substantial number of these are located in the Ministry of Natural Resource's Northwestern Region. These orchards represent a significant capital outlay, and form a foundation for future tree improvement programs.

To promote high survival and rapid growth, seed orchards must be managed intensively. However, since the program is still relatively young, proper management practices are not yet fully developed. Fertilizers may be applied, for example, to stimulate tree growth, but it is not known whether present rates and formulations are optimum. In the absence of proven nutrient regimes, research is needed to establish critical soil nutrient levels as a basis for fertilizer prescriptions in seed orchards.

Soils and foliar analyses may be used to diagnose the nutritional status and requirements of seed orchard sites. The critical-value approach is based on the assumption that relationships exist between growth and the supply of a particular element and between supply and foliar concentration. However, the approach has a number of deficiencies. More recently, the concept of DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) (Beaufils 1956) has been developed, which offers to bridge the gap between soil or foliar analysis data and the rationalization of fertilizer prescriptions. This system has been found to diagnose correctly the nutritional requirements of several agricultural crops, regardless of plant age. It is also able to rank the order in which various elements are limiting. In these respects, DRIS has generally shown itself to be superior to the critical-value approach in assessing plant nutritional status.

This project is concerned with testing the applicability and sensitivity of DRIS as a diagnostic tool for detecting nutrient deficiencies in the operational management of black spruce seed orchards. The work has three components. The first focuses on the collection and establishment of a data base to be used in the revision of

DRIS calibration norms for foliar and soil element concentrations as a function of yield. This initial step gives an indication both of mineral balance and potentially limiting nutrients. In the second component, DRIS norms and recommendations are validated and tested through field fertilization trials. The third, and final, component involves the application of DRIS formulae to the practical management of nutrient levels in seed orchards.

PROGRESS:

In each of eight seed orchards (Melgund, Morson, Beauregard, Skurban, Manion Lake, Minnesabic Lake, Goodie Lake South and Ulster Lake) in northwestern Ontario, 25 trees that exhibited consistently good growth over the previous two growing seasons were selected in the fall of 1986 and their total heights and annual height increments were determined. Foliage samples were collected from the topmost whorl of the 15 best-growing individuals and soil samples were taken from beneath each sample tree.

Foliage samples were analyzed for total nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg). Soil samples were analyzed for total N, available P, exchangeable K, Ca and Mg, pH and organic matter. DRIS norms were calculated for foliar and soil N, P, K, Ca and Mg, and these norms were used to assess the nutrient status of each seed orchard. In general, P and K are the elements in short supply.

Preliminary results suggested that foliar analysis was more promising for diagnostic purposes; therefore, it was decided to concentrate further on foliar analysis. To test the validity of the DRIS norms, a fertilizer trial was established at the Goodie Lake South seed orchard in Sioux Lookout District in June 1987. A companion study was also initiated to determine the response of black spruce trees to combined applications of P and K.

The primary aim of this project is to provide seed orchard managers with a reliable diagnostic tool for assessing the nutritional status of a site and for determining the fertilizer prescription required to ensure rapid seedling establishment and growth on that site. However, the data generated will also provide valuable basic information on critical nutrient levels for the optimum growth of black spruce seedlings.

The final testing of the accuracy of the DRIS standards will be done in the fall of 1989 using foliar nutrient and growth data from the same experimental trees. Also, attempts will be made to test whether the DRIS norms for the Northwestern Region can be used to assess the nutrient status of black spruce seed orchards located elsewhere in northern Ontario.

Completion date: September 30, 1990.

REPORTS :

Lozano, F.C. and Huynh, K.D. 1989. An application of DRIS to black spruce seed orchards. p. 86 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Lozano, F.C. and Parton, W.J. 1987. Calibrating nutrient standards for black spruce seed orchard management. File Rep. 14 p.

KEYWORDS :

black spruce, DRIS, fertilization, foliar analysis, mineral nutrition, nutrient standards, nutrient status, seed orchards, soil analysis, tree improvement

Histology of Seed Development in Jack Pine.

Project reference number:	33017
Investigator/contractor:	Dr. C. Nozzolillo, Department of Biology, University of Ottawa, Ottawa, Ontario.
Scientific authority:	Dr. G. Buchert, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To conduct a fundamental study of seed development in jack pine from cone initiation through to seed maturation.

2. To correlate the various stages of internal development with readily visible external cone features that will enable the practicing forester to assess easily the potential for seed production.

DESCRIPTION:

A knowledge of the reproductive cycles of gymnosperms is essential for the controlled production of improved seed for use in reforestation programs, whether that seed is obtained from managed seed orchards or from natural seed-production areas. Precise information on seed development is needed to plan seed production operations, including cone induction, pollination, stand cultural treatments and cone harvesting.

The literature on seed development in gymnosperms, reviewed by Maheswari and Singh (1967), includes few studies of the genus *Pinus*, and none relating to jack pine. However, research on other pines leads to the conclusion that, although the general pattern of seed development is similar among pine species, there are differences in detail, especially in the timing of events, that must be determined for each species.

This fundamental study of seed development in jack pine aims to describe in detail the development of seed from cone initiation through to seed maturation. It was undertaken to provide the essential background knowledge that is needed by those responsible for producing seed for reforestation programs and by those concerned with tree breeding and genetics research.

Female flowers of jack pine (Ont. Min. Nat. Resour.)

The seed development process in pines is divided into three annual phases that are typically separated by winter dormancy. In the first summer, male and female cone buds are initiated and differentiate on the terminal twigs. During the course of the second summer, the female cone is pollinated, initiating development of the megagametophyte. In the third and final summer, fertilization of the egg cell in the archegonium takes place and embryo and seed develop towards maturity in late summer.

This research was concerned with all three phases described above, but concentrated upon the anatomical and morphological development of female cones and seed during the second and third years. There are many practical difficulties in studying these later stages.

External (cone) tissues are woody, but internal structures are very delicate. In this research, specimens were preserved in a non-coagulent glutaraldehyde fixative and embedded in resin glycol methacrylate. Thin sections (2–3.3 μm) were examined with the aid of a light microscope using standard histochemical techniques; photomicrographs were taken to give a permanent record of the observed stages of seed development.

PROGRESS:

The research carried out under this project was part of a study of the reproductive cycle of jack pine that has been pursued by Mrs. Mary Moore over the past 10 years from her home in Deep River, Ontario in collaboration with Dr. C. Nozzolillo (University of Ottawa), Dr. N. Dengler (University of Toronto) and Dr. M. McCully (Carleton University).

In accordance with the first objective, specimens representative of the complete reproductive cycle of jack pine have been preserved, sectioned and examined by light microscopy. As well, cone initiation and development have been observed on the living tree in the field, with closer examination of living specimens under the stereomicroscope. Color photographs of external morphology and photomicrographs of internal anatomy were taken at all stages of cone and seed development.

This coordinated study of external appearance and internal anatomy has provided new information on cone and seed development as they relate to gross external morphology. In addition to articles in the scientific literature, the information will form the basis for a practical manual, currently in preparation, that will enable tree improvement workers to determine the stages of seed development by external examination, at low magnification, of cones in the field. This will facilitate the planning and execution of breeding and selection operations in jack pine tree improvement programs, and will aid in timely seed collection from seed orchards and other sources.

Completion date: March 31, 1988.

REPORTS:

Moore, M. 1987. Reproduction in jack pine, *Pinus banksiana*. 33 transparencies with descriptive text (for teaching purposes). [Available from the author at a cost of $65: address available on request from Forestry Canada, Ontario Region.]

Moore, M. and Nozzolillo, C. 1989. Cell wall formation in the female gametophyte of jack pine. p. 90 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Moore, M. and Nozzolillo, C. Seed production in jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.). 1. Cell wall formation in the female gametophyte. (submitted to journal)

KEYWORDS:

archegonium, cone development, female gametophyte, jack pine, reproductive habits, seed development, tree improvement

Genetic Variation in Jack Pine for Resistance to Jack Pine Budworm.

Project reference number: 33040

Investigator/contractor: Dr. J.R. Carrow, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.

Scientific authority: Dr. C.J. Sanders, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To investigate the genetic and biological basis for the apparent resistance exhibited by some jack pine trees to defoliation by the jack pine budworm.

DESCRIPTION:

Jack pine is one of the commercially most important timber species of the boreal forest. Consequently, the jack pine budworm, with its ability to defoliate and destroy large stands of jack pine, presents a potentially serious economic threat to the well-being of the forest industry in Ontario.

Sleeve cage for rearing budworm (T. Scarr)

It has been observed in the past that healthy individual trees with minimal defoliation (green trees) are usually to be found within jack pine stands that have already been severely damaged (brown trees) by a jack pine budworm infestation. Although it is possible that green trees have simply escaped attack, there are a number of features that point to the possibility that these trees may be resistant to the budworm, *viz.*:

1. Green trees remain free from attack during a typical 2- to 4-year budworm infestation.
2. Green trees are surrounded by defoliated neighbors.
3. Non-defoliated branches of green trees are often found intermingled with the defoliated branches of brown trees.
4. Green trees are usually dominant or co-dominant.
5. Some feeding does occur on green trees, an indication that they were not simply missed by the budworm.

No specific mechanisms for resistance to budworm have hitherto been identified in jack pine. This project was initiated to determine whether green trees are truly resistant to the insect and, if so, to identify the mechanism(s) of resistance and to investigate the manner in which the resistance mechanism affects the growth and development or behavior of the budworm.

Bioassays are being conducted to examine the response of budworm to green trees in terms of their feeding habits, oviposition preferences, growth and development, survival and fecundity. This is done by caging budworm larvae, collected from a current infestation, on jack pine branches from two separate sources: previously grafted clones of green and control (brown) trees selected during a 1969 budworm infestation by Dr. C.W. Yeatman of the Petawawa National Forestry Institute (PNFI); and green and brown trees from a current (1989) budworm infestation near Newberry, Michigan. Based on the results of these bioassays, possible mechanisms of resistance are being investigated, including the impacts of shoot phenology, staminate flower abundance, tree growth rates and needle terpene composition.

Behavioral studies investigate larval feeding preference for green vs. control foliage, as well as larval dispersal rates on the two types of foliage. Foliage consumption and feeding efficiency are determined by measuring the weights of frass and of budworm pupae produced. Larval development rates are measured by determining the length of time until pupation. Moth fecundity is being determined by counting the egg complement of females raised as larvae on the two foliage sources. Oviposition preference by female moths is also being monitored.

PROGRESS:

Results of oviposition and feeding preference experiments indicate that both moths and larvae prefer brown trees as hosts. Since the foliage for this experiment came from PNFI clones, budworm preference could be based on genetically mediated host cues. The growth and development study, in which budworm were reared on foliage from green and control trees, should indicate whether the observed preferences are correlated with the effects of green trees on the budworm.

In the Newberry, Michigan infestation, budworm pupal populations were lower on green than on brown trees. Sampling of overwintering and early-instar populations, and measurement of oviposition rates, will confirm whether or not this pattern of behavioral preference continues.

A study of bud phenology did not demonstrate any obvious differences between green and brown trees in terms of bud flushing or shoot development. Staminate flower production was not found to be consistent within or between clones. Similarly, a comparison of radial growth at both breast height and crown base did not detect any significant differences between green and brown trees. Foliage collected at the time of larval emergence and moth oviposition is being analyzed by means of gas chromatography to identify any differences in terpene content between green and brown trees.

If it can be demonstrated that green trees have a negative effect on jack pine budworm behavior or development, it would help to explain why these trees exhibit minimal defoliation during severe insect infestations. Furthermore, the occurrence of such a response with grafted clones of green trees would be a stong indicator that the resistance of jack pine to budworm may have a strong genetic component and that it may be possible to incorporate this resistance into tree breeding programs. The use of such resistant clones in reforestation programs would reduce the potential for insect-caused losses in jack pine plantations and reduce the need for insecticides. Conversely, if no genetic resistance is demonstrated, plus-tree selection and tree breeding need not be concerned with budworm susceptibility and can be based on more strongly inherited traits, thereby maintaining a high selection differential.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Scarr, T.A. 1989. Resistance of jack pine to jack pine budworm. p. 46 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

host resistance, insect populations, jack pine, jack pine budworm, terpenes, tree damage

FIRE AND PRESCRIBED BURNING

Fuel Complex Quantification in Natural Forest Stands in Northern Ontario.

Project reference number:	33003
Investigator/contractor:	Hunter & Associates Limited, Mississauga, Ontario.
Scientific authority:	B.J. Stocks, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To increase forest fire behavior-prediction capability in Ontario through the development of a practical and accurate method for quantifying natural forest-fuel complexes.

Forest fuel classification plot (B. Stocks)

DESCRIPTION:

Increased demand for forest products from a shrinking resource base, coupled with heightened awareness of the significant impact of forest fire losses on Ontario's wood supply, emphasizes the need for improved forest fire protection strategies. Quantification of forest-fuel complexes is an important step in the development of such strategies, for a knowledge of the characteristics of the fuel available for combustion is vital to the accurate prediction of forest fire behavior. Fuel loads vary greatly between fuel complexes and contribute significantly to fire spread and intensity, both critical factors in fire behavior.

Very little quantitative information on fuel complexes in Ontario's forests has been gathered in the past. The experimental burning program carried out by Forestry Canada, Ontario Region and the Ontario Ministry of Natural Resources documented fuel conditions in those stands selected for experimental burning (Stocks 1980, 1987a,b), but a wide variety of fuel types in both the Boreal and Great Lakes–St. Lawrence forest regions (Rowe 1972) remained unsampled. This project aimed to redress that situation through the gathering and documentation, in a photo-series, of quantitative fuel data for major fuel types throughout northern Ontario.

Information on aerial, surface and ground fuels was collected from 300 natural stands in the Boreal and Great Lakes–St. Lawrence forest regions during the spring and summer of 1987. These ranged from predominantly hardwood stands (birch and aspen) through mixedwood stands (balsam fir, spruce, birch, aspen and pine) to pure stands of jack pine and black spruce. A wide range of both upland and lowland sites were included. Within northwestern Ontario, stands sampled covered the full range of Vegetation Types (V1–V38) included in the Northwestern Ontario Forest Ecosystem Classification (NWO FEC) (Sims et al. 1989).

Natural stands of varying composition, stocking and age were selected on the basis of the most recent forest resources inventory data. Sample plots were established in the undisturbed portion of each selected stand for data collection and full photographic documentation, in color, of stand and fuel conditions. General stand information (e.g., species, stem diameter, total height, height to live crown) was recorded for both living and dead trees, and crown fuel weights were calculated on

the basis of published prediction equations. Other fuel sources (e.g., fallen woody material, understory vegetation, forest-floor fuels) were quantified and recorded, as appropriate.

PROGRESS:

The information gathered during this sampling of forest-fuel types comprises an extensive computerized database and a complete photographic record of the different stand and fuel conditions that occur throughout northern Ontario.

The database of fuel-complex/fuel-inventory information will be maintained by Forestry Canada, Ontario Region, and will be readily accessible by anyone wishing to use it for fuel-inventory compilation exercises or for modeling and predicting forest fire behavior. The trend in Ontario towards centralized fire control centers that employ computerized decision-support systems greatly enhances the value and importance of this database for use by fire managers in near-real-time fire-behavior/fire-growth modeling. The database is likely to be used in the future, in conjunction with digitized LANDSAT data, to produce fuel-load maps for Ontario fire management purposes.

The photographic record is being published as a photo-series with representative photographs and an accompanying summary of fuel inventory data for each documented fuel complex. The publication will classify stands according to NWO FEC type, and FEC types will be grouped according to their potential fire behavior. This photo-series will provide field personnel with a reliable and easy-to-use aid for identifying fuel types and for estimating fuel loadings in different stand conditions. In addition to its field use, the publication will be of particular value in training courses on fire behavior.

Although this research was conducted in Ontario, the results are likely to find application throughout the Boreal and Great Lakes–St. Lawrence forest regions of Canada.

Completion date: March 31, 1990

REPORTS:

Cranford, M. 1988. Forest fuel complex quantification of natural stands in northern Ontario. Hunter & Assoc. Ltd., Mississauga, Ont. File Rep. 2 vols., 25 p. + appendices.

Stocks, B.J., McRae, D.J. and Lynham, T.J. A photo-series for quantifying fuels in natural forest stands in northern Ontario. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. COFRDA Rep. 3302. 156 p. (in press)

KEYWORDS:

fire, fire behavior, fire hazard prediction, fire protection, forest ecosystem classification, forest fire management, fuel loadings, fuel complex, teaching aids, technology transfer

Plant Succession Following Experimental Burns in Immature Jack Pine Stands in Northeastern Ontario.

Project reference number:	33003A
Investigator/contractor:	G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario.
Scientific authority:	T.J. Lynham, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To determine and quantify vegetational succession following fire in immature jack pine stands in northeastern Ontario.

DESCRIPTION:

Fire managers are strongly interested in the relationship between fire characteristics and the vegetational succession that occurs after forest fires. Post-fire succession can determine the eventual species composition of the new forest as well as the ease or difficulty of regenerating a site after fire.

Experimental burn plots (B. Stocks)

Because fuel complexes play an important role in determining fire behavior, there may be strong links among fuel type and quantity, fire behavior and vegetational succession. As well, post-fire vegetational succession is influenced by historical factors (e.g., logging, stand treatment), the nature of external seed sources, environmental factors (especially soil moisture, soil nutrients and surface temperatures) and physical factors (e.g., flooding, soil erosion).

The purpose of this project was to analyze and interpret 10-year ecological and successional data relating to experimentally burned jack pine stands in northeastern Ontario. The information had been collected as a follow-up to investigations into the effects of climate on fire behavior initiated by the Fire Research Unit of Forestry Canada, Ontario Region in the mid-1970s. The fire behavior investigations (Stocks 1987b) provided an excellent opportunity to monitor the response of lesser vegetation to different burning conditions.

Data for this project came from 12 plots in an immature jack pine stand (1948 origin) located south of Aubrey Falls, Ontario (46°45'N, 83°15'W). Twelve experimental fires were conducted between 1975 and 1981 over a broad range of burning conditions (Stocks 1987b). With two exceptions, all fires exhibited crown fire behavior. In all cases, the standing jack pine was killed, the ground cover was destroyed and from 2 to 5 cm of duff was consumed by these fires.

Burn plots were 0.4 ha (40x100 m) in size. Pre-burn sampling was completed in the same year that the plots were burned; post-burn sampling was carried out in the first, second, fourth, sixth and tenth years following burning. Data collection included local weather and fire weather indices (from which fire intensity is calculated) and the frequency and cover of post-fire herb and shrub vegetation (recorded on 27 1- x 1-m quadrats per plot). Soil samples were also taken at each assessment for determination of nutrient status (total and exchangeable nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium) and soil pH. Multivariate analysis techniques were used to relate vegetational succession to fire intensity and soil mineral analysis.

PROGRESS:

There was a general increase in the diversity of forest-floor vegetation following fire during the 10 years of this study. Species that showed an increase in post-fire cover and frequency included *Salix* spp., *Viola adunca*, *Epilobium angustifolium*, *Cladonia* spp., *Dicranum polysetum*, *Carex* spp. and *Dryopteris spinulosa*. Those that declined following burning included *Gaultheria procumbens*, *Linnaea borealis*, *Melampyrum lineare*, *Polytrichum commune* and *Hylocomium splendens*. The number of species peaked in the first year after burning, but generally remained constant throughout the study period. *Geranium bicknellii*, which was not present in the pre-burn plots, appeared for only 1 to 3 years on the post-burn sites. Similarly, *Viola adunca* was evident for up to 4 years following fire. Mosses and lichens were destroyed by fire and did not reappear during the study period. Herbs with shallow, sub-surface roots (e.g., *Coptis groenlandica*) also did not reappear after fire.

The abundance and diversity of understory vegetation did not return to pre-fire levels within the 10-year study period, although gradient analysis suggests that there was a trend in this direction.

The impact of fire on the availability of soil nutrients was short-lived (mostly 1 year), with most elements returning to pre-fire levels within 2 to 3 years after burning. There were short-term increases in pH, percent total potassium, percent total magnesium and exchangeable calcium. In contrast, percent total nitrogen showed a significant decline. The results indicate that fire intensity and depth of burn have a strong influence in determining loss of nitrogen and release of potassium and magnesium after fire.

The results of this project suggest that, irrespective of fire intensity and depth of burn, vegetational succession in immature jack pine stands follows similar pathways after fire. Some early colonizers disappear within 2 to 4 years, whereas a core of species that were present before a fire quickly become re-established. Although jack pine regeneration was not assessed, survey data indicate that the stands are returning to jack pine and trembling aspen, with the probability that pine will again become the dominant species on these impoverished sandy soils.

Completion date: March 31, 1989

REPORTS:

Wickware, G.M. 1989. A review of multivariate analysis techniques commonly used in community ecology: a survey of the literature. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. File Rep. 23 p.

Wickware, G.M. 1989. Plant succession after experimental burns in jack pine stands, northern Ontario. p. 29 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Wickware, G.M. and Lynham, T.J. 1989. Plant succession following experimental burns in jack pine stands in northern Ontario. File Rep.

KEYWORDS:

fire, fire ecology, fire impact assessment, fire intensity, forest ecology, jack pine, mineral nutrition, nutrient status, prescribed burning, succession, vegetational succession

The Impact of Fire on Timber Supply

Project reference number:	33008
Investigator/contractor:	Dr. D.L. Martell, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	B.J. Stocks, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To develop a methodology that can be used to evaluate and plan for the impact of fire on timber supply in Ontario, thereby enhancing the effectiveness of fire management programs and facilitating the inclusion of fire management considerations in forest management planning.

Red Lake wildfire #7 of 1986 (B. Stocks)

DESCRIPTION:

Forest management planning is complicated by the uncertainties presented by such relatively unpredictable factors as fire, insects, disease and weather. Fire has had a significant impact on the managed forest estate in Ontario in recent years, especially in the Northwestern and North Central regions of the province. The average area burned annually in the actively protected portion of the forest (intensive and measured zones, see below) is roughly 70,000 ha or 0.15%, although the proportion varies significantly by region.

Although fire has a significant impact on boreal forest ecosystems, its impact on timber supply is, at best, poorly understood. There is an urgent need to develop a comprehensive methodology that can be used to evaluate the impact of fire, so that policy-makers and fire managers can develop and implement fire and forest management policies that are consistent with crown and forest-industry objectives. This project uses a modeling approach to address this need, in which the following fire-related planning problems are considered:

1. fire damage appraisal (e.g., what losses result from specific forest fire situations?)
2. mobilization planning (e.g., how should forest fire suppression resources be allocated to existing fires?)
3. pre-suppression planning (e.g., how much should be spent on fire management activities each year?)

Computer simulation and mathematical programming approaches are being used to develop decision-analysis techniques that can be used by fire and forest managers in Ontario to deal with such fire and forest management issues.

PROGRESS:

The procedures that are currently used in Ontario to incorporate fire losses into the timber management planning process have been reviewed and documented. A comparative analysis of several fire and timber-supply models has also been completed by comparing the results obtained when these models are run on data for a hypothetical forest management unit.

Two procedures have been developed, a post-fire assessment model and a pre-fire planning model, that use forest-level mathematical programming models with average fire losses to determine optimum timber harvest strategies under conditions of uncertain fire losses.

The post-fire assessment model is designed to provide a quick assessment of the impact of a fire that has burned specific stands. This model can also be used to assess the potential impact of an existing fire that is threatening to burn a specific area. Such information will enable managers to set priorities in dealing with escaped fires.

The pre-fire planning model assesses the long-term impact of specified fire management strategies. It is designed to be used by forest managers to determine the extent to which harvest levels and schedules should be modified in fire-prone forests, and to assess the value of fire management programs. The model has been used to conduct a preliminary evaluation of the impact of several variables (e.g., fire management levels and associated fire losses, harvest flow constraints, and the length of planning horizon) on timber supply in a hypothetical jack pine forest in Ontario.

Detailed fire loss statistics for the province of Ontario have also been compiled as an integral part of this project. The Ontario Ministry of Natural Resources recognizes and has delineated three fire management zones (i.e., intensive, measured, and extensive) (Dunn 1988) that guide the level of response that will be directed to forest fires occurring in each of the fire regions. Computer software has been developed that can be used to process fire-report data to evaluate historical fire losses (e.g., area burned) by district, region and fire management zone.

Further work will develop deployment and post-fire loss-assessment models that are coupled with a computer-based geographic information system, plus a procedure for assisting with the development of initial attack guidelines.

The results of this research will be new, comprehensive planning procedures for evaluating the impact of forest fires on timber supply. These procedures will allow fire and forest managers to evaluate the impact of a particular fire or fire management strategy, to compare different fire and forest management alternatives, and will assist in the allocation of fire management resources.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Martell, D.L. 1989. An evaluation of models used to assess the impact of forest fires on timber supply. 1989 Canadian Operational Research Society/ Institute of Management Sciences/Operations Research Society of America Joint National Meeting. Vancouver, B.C., May 1989. (copies available from author)

Martell, D.L. Timber management in Ontario's flammable forests. 6 p. summary *in* Summary of Proc. Interdisciplinary Conference on Natural Resources Modeling and Analysis, Halifax, Nova Scotia, September 29, 1988. Natural Resource Modeling. (in press)

Martell, D.L. and Davis, R.G. 1989. Assessing the impact of a forest fire on timber supply in Ontario. p. 65 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

fire, fire impact assessment, forest fire management, forest losses, forest management, forest resource policy, geographic information systems, harvesting, modeling, simulation models, timber supply

Identification and Assessment of Fire Protection Requirements for Intensively Managed Plantations.

Project reference number:	33018
Investigator/contractor:	Matcam Forestry Consultants Inc., Sault Ste. Marie, Ontario.
Scientific authority:	E. Stechison, Forestry Canada, Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To identify fire control requirements and problems in plantations, and to determine changes in plantation flammability brought about by pruning and/or thinning.

2. To identify changes in fire suppression requirements that result from stand tending, and to develop stand tending guidelines for different commercial species that will minimize the fire hazard created by these activities.

DESCRIPTION:

Artificial regeneration programs in Ontario have expanded dramatically over the past two decades. Extensive plantations have been established in many parts of the province, with emphasis on the establishment of coniferous stands. For the most part, these plantations have been left to grow unattended without regard to their original spacing or survival success. However, with the trend to more intensive forest management, it is highly probable that we will see a substantial increase in the future extent of post-establishment stand tending activities (principally pruning and/or thinning) aimed at maximizing stand productivity.

Stand tending activities generally result in the deposition of large quantities of flammable material on the forest floor, thereby increasing the fire hazard on many sites. In view of the increased investment value of treated stands, it is appropriate that the level of fire protection be commensurate with the increased value of these stands. This means that fire suppression preparedness must be adjusted to reflect changes in the flammability of treated plantations.

This project is concerned with the collection of basic information relating to the effects of stand tending upon the susceptibility of treated plantations to fire,

Thinning slash in jack pine stand (A. Cameron)

principally in terms of increased fuel availability. The information will be used to develop an appropriate hazard prediction model for jack pine plantations. Guidelines will also be prepared to aid the forest manager in applying tending practices that will achieve the desired management objectives in pine plantations while minimizing the fire hazard that results from tending activities. These guidelines will include information to assist the fire manager in estimating the minimum suppression requirements for plantation fires.

Fuel loadings were sampled both in untreated and treated (i.e., pruned or pre-commercially thinned) stands throughout Ontario. Initially the intent was to include three species (jack pine, red pine and white spruce) in

the study, but the scarcity of suitable, accessible white spruce stands relegated this species to a minor position. Subsequently, the project has focused upon the acquisition of data from jack pine plantations.

Plantation sampling was designed so as to compare the green and cured biomass of untreated and treated plantations of various ages and tree spacings. Within each plantation, five 10- x 10-m subplots were used to record crop height and diameter data for each species. A sample of the woody understory vegetation was taken from a 2- x 10-m strip along the side of each subplot, and a slash sample, separated into fine, medium and coarse material, was taken from a representative 1- x 1-m area within the subplot. The litter and duff were also sampled in each subplot as an integral part of the study to estimate fuel availability. Data on these fuel sources are being used to calculate total energy budgets for different stand conditions as input to the development of a fire-hazard rating system for treated and untreated plantations.

PROGRESS:

Only a small number of spruce plantations were sampled (95 subplots in 19 plantations, aged 10 to 50 years), and the estimates that were derived from the data provide no more than a crude estimate of changes in flammability between untreated and treated stands of this species. Easily accessible red pine stands were more plentiful but, since this species has only a limited distribution, only 70 plantations were sampled (346 subplots, aged 10 to 60 years). Seventy-nine jack pine plantations (392 subplots, aged 10 to 40 years) were sampled up to 1988; additional sampling during 1989 will focus on age classes that lacked sufficient data to meet statistical criteria.

The data collected to date have been partially analyzed and the related literature has been reviewed. The components that are required for the hazard prediction model have now been defined and regression equations are being developed for the data relationships that are to be be included in the model. The hazard prediction model will estimate fuel accumulation following stand tending treatments in different types of jack pine stands as well as the minimum suppression requirements for successful initial attack on plantation fires.

A slash decomposition study, now in its fourth year, is providing some interesting supplementary data for inclusion in the hazard prediction model. These data relate to fuel decomposition by species, time elapsed since the plantation was treated, site type and condition, etc. Work on the model and the guidelines will not be completed until late 1990 although components of both have now been identified.

Completion date: March 31, 1991.

REPORTS:

None are expected before publication of the guidelines and completion of the hazard prediction model.

KEYWORDS:

fire, fire hazard prediction, fire protection, forest fire management, forest management, fuel loadings, jack pine, modeling, pruning, red pine, slash decomposition, stand tending, thinning, white spruce

Documenting Interactive Fire Behavior on Large-scale, Mass-ignition Prescribed Fires in Ontario.

Project reference number: 33046
Investigator/contractor: R. Fitch, Compuheat Services Canada Inc., Calgary, Alberta.
Scientific authority: B.J. Stocks, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To investigate and document interactive mass-fire behavior by means of airborne infrared camera equipment.

DESCRIPTION:

Resource-management agencies across Canada routinely use large-scale prescribed burns as a cost-effective site preparation technique. Very large controlled burns, usually ignited by a helicopter-borne drip-torch, are becoming commonplace. For the most part, these burns involve the rapid ignition of a portion of the area to be burned, usually near the center, in order to establish a convection column quickly, and the subsequent ignition of the remainder of the area in a series of circular or semi-circular lines expanding outward to the burn perimeter.

Large-scale convection burns of this type create towering convection columns and often generate extremely intense and erratic fire behavior as a result of interactions between the multiple ignition lines. It has become evident that fire managers need to develop a much better understanding of interactive mass-fire behavior if they are to conduct prescribed fire operations in a safe and effective manner. In order to gain this understanding and develop the necessary ignition guidelines, means are required for monitoring the effects of fireline placement, interactive fire-spread rates and junction-zone fire behavior.

Previous attempts to monitor interactive fire behavior on large-scale prescribed burns have been unsuccessful because of smoke and visibility problems above these fires. In this project, a helicopter-mounted infrared camera (Barr and Stroud IR18) was used to monitor two large prescribed fires in northeastern Ontario during the summer of 1988. The smoke-penetrating capability of the infrared camera permitted continuous observation of ignition patterns, interactive spread rates and mass-fire behavior. This information was recorded on videotape and was subsequently converted to digitized images by the contractor to allow further analysis. The techniques have been summarized by Ogilvie and Fitch (1989).

Center-fired convection column (B. Stocks)

PROGRESS:

The helicopter-mounted infrared equipment proved to be a practical and effective means for documenting interactive mass-fire behavior on large-scale prescribed burns. While the helicopter hovered above the burn, the

infrared camera provided high-resolution imagery that was later analyzed to determine actual fire spread rates and acceleration as ignition lines joined under a strong convective influence. Descriptions of fire behavior on the two 1988 prescribed burns have been reported by McRae et al. (1989).

Documentation and modeling of mass-fire behavior is essential for the development of effective ignition guidelines. In order to satisfy operational, safety and environmental requirements, it is necessary to model the entire prescribed fire process, including mass-fire behavior and energy release, convection-column dynamics, and smoke chemistry and dispersal. This project has demonstrated that infrared photography can be an effective tool for obtaining the type of information that is required to understand and model such interactive fire behavior.

With the encouraging results obtained in 1988, the research is being expanded in order to gather the information required to produce ignition guidelines for prescribed-fire managers. Although this research is being carried out primarily in Ontario, the technology clearly has application wherever large-scale prescribed burning is practiced.

Completion date: March 31, 1989

REPORTS:

McRae, D.J., Stocks, B.J. and Ogilvie, C.J. Fire acceleration on large-scale convection burns. *In* Proc. Tenth Conf. on Fire and Forest Meteorology, Ottawa, Ont., April 1989. Atmospher. Environ. Serv., Downsview, Ont. (in press).

Ogilvie, C. 1989. Aerial infrared data management and analysis system (AIDMAS). p. 68 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Ogilvie, C.J. and Fitch, R. 1989. A computerized infrared system for observation of prescribed fires. USDA For. Serv., Fire Management Notes 50(2). (in press)

KEYWORDS:

fire, fire behavior, fire ignition lines, forest fire management, infrared imagery, mass-fire, prescribed burning, remote sensing, site preparation

FOREST PEST MANAGEMENT

Inundative Parasitoid Release for Suppression of Forest Insect Pest Populations in Ontario — Selection of Candidate Strains of the Egg Parasitoid *Trichogramma minutum* for Release Against the Spruce Budworm.

Project reference number:	33041
Investigator/contractor:	Dr. S.M. Smith, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. D.R. Wallace, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To optimize the efficacy of field inundative parasite releases against the spruce budworm by determining the best strain of Trichogramma *to use.*

DESCRIPTION:

The shift toward more intensive management of selected, high-value forest stands and the growing concern about the use of chemicals in forest protection have made the development of alternative methods of pest control a major research priority. One concept that has been proposed is that of augmenting the natural enemy complex with inundative releases of native parasitoids.

Trichogramma minutum *(R. West)*

In 1982, a cooperative project was initiated by the Ontario Ministry of Natural Resources, the University of Guelph, the University of Toronto, and Forestry Canada, Ontario Region to assess the potential for using inundative releases of the egg parasitoid *Trichogramma minutum* for biological control of the eastern spruce budworm. This work developed the technology for mass producing the parasitoid (10 million per day), the basic techniques for ground and aerial releases, and procedures for monitoring parasitoid populations. The work also demonstrated that parasitoid releases will substantially suppress spruce budworm populations (Smith et al. 1987)

Although the foregoing work achieved its principal aims, there remained a need to confirm that the technique has practical application. One essential element of any inundative release program is the selection of the most effective strain of parasitoid to be propagated. Related to this, there is also a need to characterize different parasitoid strains so that they may be recognized and checked for genetic changes during mass rearing. Furthermore, the correlation of biological marker characteristics such as isozyme patterns or DNA genomes with desirable reproductive and behavioral traits can provide a rapid means of screening newly acquired wild strains for potential use in release programs. This project addresses these issues.

The basic strategy for this project provides for the establishment of rearing stocks of different species/strains of *Trichogramma* from the parasitized eggs of several forest insect pests. The rearing collections are maintained in the laboratory on eggs of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*, with voucher specimens being preserved for standard taxonomic verification. The parasites are then examined biochemically in the laboratory for identification of species and strain (Smith and Hubbes 1986a,b,c).

The biological traits of the different species and strains are being studied simultaneously with the biochemical studies. Some of the traits being examined that are known to influence parasitoid performance are locomotory activities, searching behavior, host selection, and reproductive potential.

During the summer of 1990, the field performance of species and strains previously tested in the laboratory will be determined. Particular attention will be given to the effects of host/parasitoid densities and microclimate. Parasites will be released from ground level by means of a blower system that will place them in the stand canopy. The release dates will be timed to coincide with the early stages of spruce budworm oviposition. The effect of *Trichogramma* release on parasitism of spruce budworm will be assessed both through sentinel egg masses reared in the laboratory and naturally laid eggs collected from the field.

PROGRESS:

Trichogramma was collected during the summers of 1988 and 1989 from areas in Ontario with natural populations of spruce budworm and jack pine budworm. Samples were examined biochemically for species and strain identification by means of starch and polyacrylamide gel electrophoresis to define isozyme profiles. Further fingerprinting was done by examining the DNA genome.

In 1988, all the samples were found to belong to the same arboreal species, *Trichogramma minutum*. Sixteen strains are now being reared: eight from spruce budworm eggs at the Quetico Park; one each from spruce budworm eggs at the Sibley Park, and from the vicinities of Fort Frances, Kenora, Dryden, and Ignace; one from jack pine budworm eggs from Ignace; one from large aspen tortrix eggs near Sault Ste. Marie; and one strain from a 6-year-old culture at the Department of Environmental Biology, University of Guelph. Collections of forest tent caterpillar egg masses were also made for parasitoid recovery, as *Trichogramma* has been reported on this species in Maine.

In readiness for the field testing of parasitoid strains in 1990, research plots have been selected in white spruce plantations near Dryden in northwestern Ontario. Initial results of the parasitoid releases will be known in 1990, but will have to be confirmed by subsequent evaluation of the impact on the 1991 feeding population.

This research will help to perfect the field release strategy for *Trichogramma* against the spruce budworm. If effective, inundative parasitoid release could become a valuable non-chemical control technique in the battle against forest pests.

Completion date: March 31, 1991.

REPORTS:

Smith, S.M. and Wallace, D.R. Two systems for releasing *Trichogramma minutum* (Hym.: Trichogrammatidae) from the ground in experimental plantation forests. (submitted to journal)

Smith, S.M., Wallace, D.R., Howse, G.M. and Meating J.H. Suppression of spruce budworm populations by *Trichogramma minutum*. (submitted to journal)

Smith, S.M. and You, M. 1989. Inundative parasite release to suppress forest insect pests. p. 45 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Smith, S.M. and You, M. A life system simulation model for improving inundative releases of the egg parasitoid, *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). Ecol. Modelling (in press)

KEYWORDS:

biochemical marker, biological control, DNA, inundative parasitoid release, isozyme, parasitoid characterization, parasitoid, spruce budworm, *Trichogramma minutum*

Insect Production for Development of Jack Pine Budworm Traps.

Project reference number:	33043
Investigator/contractor:	Mrs S. Palmer, Sault Ste. Marie, Ontario.
Scientific authority:	Dr. C.J. Sanders, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To rear jack pine budworm pupae for chemical characterization of the budworm's sex pheromone.

DESCRIPTION:

Insect outbreaks, especially of the spruce budworm and jack pine budworm, cause considerable disruption to the wood supply in Ontario. Advance warning of impending outbreaks would therefore be of considerable benefit in giving forest managers lead time to adjust harvesting schedules, etc. Until recently, the first warning of outbreaks has been the onset of defoliation, which leaves little time for action other than to protect foliage by aerial spraying.

A relatively new tool for predicting where and when outbreaks will occur is the use of traps baited with sex pheromone. These are extremely sensitive, cheap and easy to use, and can detect year-to-year changes in population when other sampling methods fail to find any insects (Allen et al. 1986, Sanders 1988). Because they can provide 5- to 10-year advance warning of outbreaks, there is considerable interest in this technique in provinces where jack pine is of economic importance.

The practical success of this new technique depends on the development of suitable artificial sex pheromones. The first step in this process is the chemical characterization of natural sex pheromones, which are usually blends of two or more chemicals. The major chemical components of the spruce budworm pheromone have been identified (Sanders and Weatherston 1976, Silk et al. 1980), and a monitoring system covering eastern North America is now under development. However, although the major components of the jack pine budworm pheromone have been identified (Silk et al. 1985), these alone are not sufficiently potent for use in an effective monitoring system. Further chemical characterization of the natural pheromone is therefore necessary before an effective artifical blend can be developed.

Jack pine budworm pheromone trap (C. Sanders)

In 1987 and 1988, chemical characterization of the jack pine budworm was carried out by the New Brunswick Research and Productivity Council (RPC), funded by the governments of Alberta, Saskatchewan, Manitoba and Ontario, and by Forestry Canada, Ontario Region. Additional chemicals were identified, but none was found to significantly enhance the potency of the known blend. During 1988 and 1989, work on the identification of the complete blend was also begun at the Chemistry Department of Simon Fraser University (SFU) in British Columbia.

Chemical characterization of the pheromone requires large numbers of insects — female moths for the

collection of the natural pheromone, and male moths for bioassays to determine which chemical fractions are active. In support of research programs at RPC and SFU, this project provides for the rearing of insects to meet this need.

PROGRESS:

A laboratory colony of jack pine budworm has been established, and between 500 and 1000 moths are being produced weekly. During 1988, a total of 9765 female pupae were provided to RPC and 615 to SFU. This involves rearing disease-free insects on artifical diet; the diet is manufactured locally by the contractor.

Synthetic lures produced by RPC and SFU were field-tested in traps in 1988, but none showed a significant improvement over the known pheromone blend, and all were less potent than virgin female moths.

Because of this lack of success, SFU has begun a complete re-analysis of the pheromone chemistry. Natural pheromone was obtained from female moths, divided into fractions, chemically treated in various ways and bioassayed by Forestry Canada, Ontario Region to determine its biological activity. Results suggest the presence of a hitherto unidentified component that, if confirmed, may provide the potency required for an effective lure.

This project is an essential link in the chemical characterization of the jack pine budworm sex pheromone and in the development of an effective artificial pheromone for use in insect traps.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Butterworth, E.W. and Silk, P.J. 1989. Development of a consistent trap bait and trapping system for jack pine budworm. Final Report C/88/227, Job number 600690. New Brunswick Res. and Prod. Counc. 15 p. + figures and tables.

Sanders, C.J. 1989. Sex pheromone traps: an early warning system for detection of insect outbreaks. p. 49 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

insect populations, jack pine budworm, pheromones, spruce budworm

Impacts of *Bacillus thuringiensis*, Fenitrothion, and Matacil® on Forest Wildlife Including Non-target Insects.

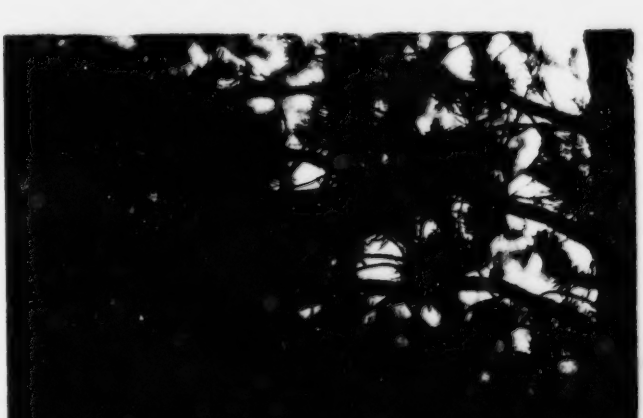
Project reference number:	33047
Investigator/contractor:	Dr. J.F. Bendell, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	F.W. von Alth[illegible], Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To determine the interrelationships among wildlife in jack pine plantations of various ages.

2. To evaluate the effects of specific insecticides and biological control agents on non-target insects and other wildlife, including the effects of reduced insect populations upon insectivores and carnivores.

3. To investigate means of minimizing the impact of insecticides upon non-target insects.



Spruce grouse (K. Szuba)

DESCRIPTION:

Increasing public concern over the use of chemicals in forest management threatens to preclude their use in many parts of Ontario, despite strong arguments favoring the use of herbicides and insecticides in silvicultural practice. In many instances, successful commercial forestry will not be possible if the forest manager is banned from using these chemicals.

An important factor affecting public acceptance of insecticide use is concern over the direct and indirect effects of spraying on non-target organisms. This project attempts to show how insecticides affect wildlife and non-target insect populations, with a view to determining how these chemicals may be used to control pests effectively with the least harm to other species.

In this research, comparisons are made of the numbers of birds, mammals, amphibians and important groups of arthropods in the shrub layer and forest floor of different jack pine stands >100 ha in extent. The stands are all situated in an area approximately 32 km south–southwest of Gogama, Ontario. Comparative and correlative analyses are employed to show how forests and wildlife interact, especially in relation to stand age. The impact of insecticides is being studied in experimentally sprayed areas and during operational spraying against the jack pine budworm.

PROGRESS:

Wildlife censuses have been carried out in stands of approximately 5, 20 and 40 years of age. These include a description of the various habitats occupied by different wildlife species. Jack pine plantations in the Gogama area are highly productive both in terms of the number of species present and the density of wildlife. However, populations vary sharply according to the age of a stand. Species diversity and population densities were found to be greatest in stands ≥15 years of age. Species present in the greatest numbers were the spruce grouse, masked shrew, varying hare, heather vole and wood frog. Hermit and olive-backed thrushes were also common. It was found that the varying hare tends to eliminate deciduous shrubs from 10- to 30-year-old

stands, thereby enabling jack pine regeneration to grow freely without competition. Hare populations were low in old forest and, even in new plantations that supported an abundant food supply of shrubby vegetation, hares generally did not penetrate farther than 50 m into the stand margin.

The movement of spruce grouse between forests was studied by radio-tagging 7 males and 16 females in March prior to their spring dispersal. Fourteen hens either remained and bred at the release site or moved into adjacent jack pine or mixed conifer-hardwood forests to breed. Feather chemistry analysis shows that spruce grouse use a number of forest types as habitat.

Populations of the masked shrew and at least two species of warbler increased greatly during a jack pine budworm epidemic. However, use of the insecticides fenitrothion and Matacil®, and the biological control agent *Bacillus thuringiensis* (B.t.), for controlling the budworm was found to have little effect on non-target organisms.

The research shows that pest outbreaks may be avoided and wildlife enhanced by encouraging a mixture of species in primarily jack pine stands. Uneven-aged forest supporting a rich variety of shrubs, herbs and mosses, and providing abundant nesting cavities, will help to reduce pest outbreaks. Where spraying is required, the impact of insecticides upon non-target species may be reduced by spraying only the upper canopy, preferably after the period of intensive feeding on insects by wildlife is completed.

The results of this project will ultimately benefit forest management by contributing information that can be used in developing recommendations for integrated resource use. In particular, the results will show how the manipulation of natural factors within the forest ecosystem may be used to help control insect pests.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Bendell, J.F. and James, R.D. 1989. Improving the management of jack pine plantations for wood and wildlife. p. 28 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Bortolotti, G.R., Szuba, K.J., Naylor, B.J. and Bendell, J.F. 1989. Mineral profiles of spruce grouse feathers show habitat affinities. J. Wildl. Manage. 53(3): 811–817.

Bortolotti, G.R., Szuba, K.J., Naylor, B.J. and Bendell, J.F.. Inter- and intrapopulation variation in feather chemistry of spruce grouse. Can. J. Zool. (in press).

Innes, D.G.L. and Bendell, J.F. 1989. The effects on small-mammal populations of aerial application of *Bacillus thuringiensis*, fenitrothion and Matacil® used against jack pine budworm in Ontario. Can. J. Zool. 67(5):1318–1323.

Innes, D.G.L. and Bendell, J.F. Populations of the masked shrew, *Sorex cinereus*, in jack pine plantations in north-central Ontario. (submitted to journal).

James, R.D. and Peck, M.K. The effect of even-aged jack pine plantations on summer bird populations in central Ontario. (submitted to journal).

Naylor, B.J. and Bendell, J.F. 1989. Clutch size and egg size of spruce grouse in relation to spring diet, food supply and endogenous reserves. Can. J. Zool. 67(4):969–980.

Szuba, K.J., Naylor B.J. and Bendell, J.F. Indirect effects of a bacterial insecticide (B.t.) on wild spruce grouse chicks. (submitted to journal).

KEYWORDS:

Bacillus thuringiensis, biological control, environmental impact, fenitrothion, insect populations, insecticide, integrated resource management, jack pine, jack pine budworm, Matacil®, pesticide, wildlife populations

FOREST DISEASE MANAGEMENT

Mechanism of the Stimulatory Effect of Linoleic Acid on Synnema Formation in *Ophiostoma ulmi*.

Project reference number:	33014
Investigator/contractor:	Dr. R.S. Jeng, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. S. Takai, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To isolate specific proteins associated with synnema formation as bio-engineering markers for biological control of tree diseases.

2. To investigate the fate of a supplemented fatty acid prior to synnema formation.

DESCRIPTION:

To develop disease-resistant trees, the biochemical and physiological characteristics of pathogens associated with disease cycles must be fully understood. *Ophiostoma ulmi*, the fungal agent that causes Dutch elm disease, is a case in point. Dutch elm disease is spread by bark beetles that carry the fungal fruiting bodies, called synnemata or coremia, from tree to tree, as well as through root grafts between healthy and diseased trees. It has been demonstrated that linoleic acid produced by the host tree has a stimulating effect on synnema formation in *O. ulmi* (Hubbes et al. 1977, Takai 1980). *In vitro* culture has shown that the most aggressive isolates of the pathogen can produce abundant synnemata on media supplemented with linoleic acid, whereas non-aggressive isolates produce few or no fruiting structures. However, it is not known how this fatty acid stimulates the formation of synnemata.

Detection of proteins associated with synnema formation could provide an accurate biochemical marker in experiments to develop non-chemical control methods for the disease (see also page 101). Data obtained from protein analysis and changes in fatty acid composition of mycelium supplemented with linoleic acid should provide basic information on whether the acid is being used solely as an energy source or whether it facilitates the uptake of nutrients and/or release of enzymes linked to synnemata genesis.

Scanning electron micrograph of Ophiostoma ulmi *(S. Takai)*

This project aims to elucidate the effects of linoleic acid on the formation of synnemata. The research is being carried out in three phases with aggressive and non-aggressive strains of *O. ulmi*, *viz.*: (i) extraction of soluble proteins and spectrophotometric measurement of the activity of each enzyme involved in synnema formation; (ii) two-dimensional electrophoresis of soluble proteins to determine protein changes after the addition of linoleic acid; (iii) gas-liquid chromatography to determine the effect of linoleic acid on the lipid composition of the fungal mycelium.

PROGRESS:

After two weeks of incubation, colonies of two aggressive isolates (VA and ND2) of *O. ulmi* produced dark pigment and abundant coremia only on the culture medium supplemented with linoleic acid. Non-

agressive isolates produced neither dark pigment nor coremia either with or without linoleic acid. However, the acid supplement stimulated mycelial growth, in terms of fresh weight, for all isolates tested, coupled with a decrease in intramycelial protein content.

The addition of linoleic acid to the culture medium affected enzyme activity in 4 of the 22 isozymes tested. Changes in enzyme mobility and activity patterns were observed for phosphoglucose isomerase, and an additional isozyme band was induced for both esterase and malic enzyme of aggressive isolates of the pathogen. Linoleic acid also increased enzyme activity of peroxidase in aggressive isolates.

In non-supplemented culture media, natural quantities of lipids were highest in non-aggressive isolates. Palmitic, linoleic and linolenic acids were the principal fatty acids in both pathogen groups. Linoleic acid was the predominant fatty acid, ranging from 42–45% in aggressive isolates to 45–50% in non-aggressive isolates. Oleate desaturase was found to be more active in the non-aggressive isolates, and the two groups differed significantly in their phospholipid levels. The addition of linoleic acid to the culture medium increased mycelial lipid levels, although generally more so in the aggressive than in the non-aggressive isolates.

An increase in the intensity of a 92-kD protein spot was associated with synnema formation in an aggressive isolate (ND2) of *O. ulmi* grown in the presence of linoleic acid. Detection of this protein in high concentrations 10 days after incubation coincided with synnema formation, suggesting that it has an important role in their formation. Isolation of this protein may lead to identification of the corresponding gene.

On completion, this research will provide basic information on the role of linoleic acid in synnema formation in *O. ulmi*. Elimination of the gene controlling the formation of synnemata in aggressive isolates and release of such genetically engineered isolates will hinder the spread of the aggressive strain of the pathogen. Eventually, host and pathogen will reach a balance in which no trees are killed. Such non-chemical biological control methods can also be applied to the control of other tree diseases.

Completion date: September 30, 1989.

REPORTS:

Jeng, R.S. 1986. Annual progress report: Mechanism of the stimulatory effect of linoleic acid on synnemata formation in *Ophiostoma ulmi*. File Rep. 24 p.

Jeng, R.S. 1987. Annual progress report: Mechanism of the stimulatory effect of linoleic acid on coremium formation in *Ophiostoma ulmi*. File Rep. 9 p.

Jeng, R.S. 1989. Final report: Mechanism of stimulatory effect of linoleic acid on synnema formation in *Ophiostoma ulmi*. File Rep. 40 p.

Jeng, R.S. and Khan, M.U. 1989. The lipids of aggressive and non-aggressive isolates of Dutch elm disease and their fatty acid composition. p. 59 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen). Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Khan, M.U., Williams, J.P. and Jeng, R.S. 1986. The fatty acid composition and its alterations due to different incubation temperature in the lipids of aggressive and non-aggressive strains of *Ceratocystis ulmi*. Eur. J. For. Pathol. 16:423–432.

KEYWORDS:

biological control, coremia formation, Dutch elm disease, fatty acid, isozyme, linoleic acid, lipid, *Ophiostoma ulmi*, synnema formation

Biochemical Identification of *Armillaria* Isolates and a Measurement of Host Vigor.

Project reference number:	33034
Investigator/contractor:	Dr. M. Hubbes, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. M. Dumas, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To identify Armillaria *isolates by biochemical means.*

2. To develop a biochemical test that measures host vigor.

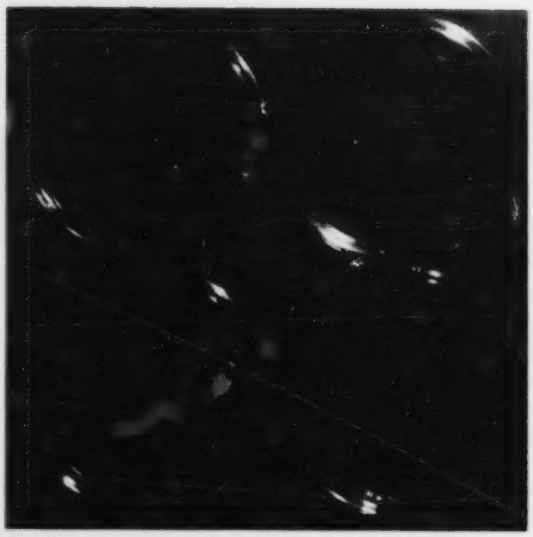
DESCRIPTION:

Armillaria root rot is one of the most prominent killers and decayers of deciduous and coniferous trees and shrubs in natural forest stands and plantations. In Ontario, considerable losses of merchantable volume of balsam fir, black spruce and white spruce have been attributed to *Armillaria* root rot.

In addition to reports that consider *Armillaria* a primary pathogen, there is growing evidence to indicate that *Armillaria* acts mainly as a secondary pathogen, attacking trees that are suffering from biotic or abiotic stress (e.g., insect defoliation, foliar diseases, frost, drought, stem cankers, soil compaction, air pollution, etc.). Work at the University of Toronto (Lin et al. 1985) indicates that the sapwood of fresh stem material supports inferior growth of the fungus compared with the growth on autoclaved stem discs of the same host. This supports the view that certain *Armillaria* species act as secondary pathogens.

Any significant research on the control of *Armillaria* root rot relies on the proper identification of the pathogen strains. Knowledge of the degrees of virulence of different strains and, in particular, the concentration of fungistatic compounds present in the host tissue, could be developed into a sensitive and accurate measure of tree vigor.

Attempts have been made to attribute and correlate differences in degree of attack with geographic distribution and host specificity, particularly since a more detailed classification system of *Armillaria* became available (Rishbeth [1972, 1985] and others). However, the proper *in vitro* identification of isolates is still a major problem. Very often haploid isolates are not available for compatibility experiments to determine intersterility groups. This is mainly because fruiting bodies are not always present on trees infected with *Armillaria* root rot, and the fungus rarely produces fruiting bodies *in vitro*.



Armillaria ostoyae *on fresh (top) and autoclaved (bottom) discs (M. Hubbes)*

A biochemical methodology for differentiating fungal strains had been developed by the investigator at the University of Toronto (Bernier et al. 1983, Lin et al. 1984). This project extends that research to the development of a methodology for the proper identification of *Armillaria* isolates. At the same time, the research attempts to develop a simple and accurate method for the measurement of tree vigor. This is an

important requirement for the assessment of stress factors and their role in infection by root rots.

PROGRESS:

Four intersterility groups of *Armillaria* species occurring in the boreal mixedwood forest of Ontario have been differentiated by their isozyme and general protein patterns. Further work will be carried out by means of the same techniques to compare *Armillaria* isolates from different geographic areas.

Isolates of the four species groups from conifers (white pine) and broadleaved trees (aspen) were inoculated on wood discs of the same and different host species to determine the existence of host specificity. The same isolates were also inoculated on wood discs subjected to different treatments (i.e., autoclaved vs. surface sterilization; removal vs. non-removal of bark and cambium) to determine the influence of host condition on the colonization and decay capability of the fungus.

A major compound, inhibitory to the growth of *Armillaria ostoyae* (North American biological species I), which was extracted from the fresh sapwood of white pine, has been tentatively identified as pinosylvin monomethyl ether by thin-layer chromatography and analysis of ultraviolet spectra. The amount and occurrence of this fungal inhibitor may be correlated with host vigor, and may be useful as a biochemical marker for use in resistance breeding.

Clarification of the biology of *Armillaria* species will facilitate the development of measures to control the pathogen and lead to an eventual reduction in the incidence of root rots in Ontario. For example, if the host specificity of the different pathogen species occurring in a particular area is known, reforestation with immune or less-susceptible tree species can be undertaken to reduce the potential for economic loss.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Hubbes, M. and Lin, D. C. 1986. Isozyme and protein patterns of *Armillaria* spp. 6th Ontario/Quebec Mycology Workshop. Univ. Toronto, Erindale College, Dep. Bot., March 2, 1986.

Hubbes, M. and Lin, D. C. 1989. Biochemical identification of *Armillaria* isolates and a measurement of host vigor. p. 58 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

Lin, D. C., Dumas, M.T. and Hubbes, M. 1989. Isozyme and general protein patterns of *Armillaria* spp. collected from the boreal mixedwood forest of Ontario. Can. J. Bot. 67:1143–1147.

Mwangi, L.M., Lin, D. C. and Hubbes, M. Identification of Kenyan *Armillaria* isolates by cultural morphology, intersterility tests and analysis of isozyme profiles. Eur. J. For. Pathol. (in press)

Mwangi, L.M., Lin, D. C. and Hubbes, Chemical factors in *Pinus strobus* L. inhibitory to *Armillaria obscura* (Secretan). Romagn. Eur. J. For. Pathol. (in press)

KEYWORDS:

Armillaria spp., *Armillaria ostoyae*, biochemical marker, forest losses, host vigor, isozyme, pathogen inhibition, protein pattern, root rot, tree damage, white pine, wood decay

Pathogen Genetics and Mechanisms of Tree Resistance Employing Tissue Culture.

Project reference number:	33042
Investigator/contractor:	Dr. M. Hubbes, Faculty of Forestry, University of Toronto, Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. R. Ho, Ontario Forest Research Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To investigate the genetics of Ophiostoma ulmi *and to develop a chromosome map of this pathogen through techniques used in classical and molecular genetics.*

2. To identify genes that control pathogenicity and that determine parasitic fitness in O. ulmi.

3. To develop a rapid, sensitive and accurate bioassay to monitor the interactions between pathogen and host.

DESCRIPTION:

As Ontario moves towards more intensive forest management the incidence of forest tree diseases will undoubtedly increase. The control of diseases already poses problems for forest managers, not only because of the relatively high costs involved, but also because the use of chemical control agents is coming under increasing pressure in light of possible negative environmental impacts. Under the circumstances, biological control offers an attractive alternative. Work at the University of Toronto has shown that trees possess very effective but complex systems to protect them from invading pathogens. These systems are based on cross protection, which depends upon the production of mansonones (fungitoxic compounds produced in response to fungal penetration) by the host and upon the pathogen's virulence. Manipulation of these defensive systems may lead to environmentally safe and stable methods of disease control.

This project continues work to develop a model for biological control of Dutch elm disease. The pathogen, the fungus *Ophiostoma ulmi*, is easily grown under laboratory conditions and is ideally suited to physiological and genetic studies. In addition, several species and varieties of elms with different levels of disease resistance are available for pathogenicity tests. In this research, investigations are being conducted to identify the genes that control pathogenicity. At the same time, the mechanisms of resistance in the host are being studied.

Plantlet produced by tissue culture (M. Dumas)

Traditional pathogenicity tests in elm are space- and time-consuming; therefore, an alternative bioassay based on tissue culture is being developed. By combining the two methods, a highly defined system is created that uses genetically distinct strains of the pathogen against specific host cell lines. This should permit the identification of pathogenicity factors and host resistance mechanisms involved in tree/pathogen interactions.

PROGRESS:

Mutants of an aggressive *O. ulmi* isolate were screened to identify poor producers of the toxin cerato-ulmin

(CU). Complementation tests were conducted on heterokaryons and a preliminary chromosomal map has been established. The isozyme and protein patterns of mutants will be analyzed to determine whether a correlation exists between specific biochemical markers and pathogen virulence.

Selected mutants, including poor CU producers, were inoculated into white elm saplings to establish relationships between specific genetic markers and the genes that control virulence. The mutants did not differ significantly from the field isolate in their virulence. Sixteen strains of *O. ulmi* of known virulence have been screened for plasmids (extra-nuclear genetic elements). The results provide additional support for the hypothesis that strainal virulence is controlled by the nuclear genes of the fungus.

Callus-tissue lines of white elm (susceptible to Dutch elm disease) and Chinese elm (resistant) have been screened for mansonone production. A significant variation in the yield of mansonone-F was observed among the callus cell lines for both elm species. Differences in the quantity of mansonone-F accumulation were also detected among callus cell lines within the same species. Cell lines that yielded high and low levels of mansonone are being cultured to regenerate callus lines into plantlets. If successful, plantlets from high-yielding cell lines of white elm could produce resistant plant material.

The immediate results of this research will be to provide us with a clearer understanding of the genetic control of host/pathogen interactions in Dutch elm disease. Such information is an essential element in the development of a model for the biological control of this disease. On a more general level, however, the techniques that are developed will be applicable to the study and control of other tree diseases.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Bernier, L. 1988. Induction, characterization and mapping of mutations in *Ophiostoma ulmi*, the causal agent of Dutch elm disease. Ph.D. thesis, Fac. For., Univ. Toronto. 206 p.

Bernier, L. and Hubbes, M. Mutations in *Ophiostoma ulmi* induced by N-methyl-N'-nitro-nitrosoguanidine. Can. J. Bot. (in press)

Bernier, L. and Hubbes, M. Meiotic analysis of induced mutations in *Ophiostoma ulmi*. Can. J. Bot. (in press)

Hubbes, M. 1988. Pathogen virulence and host reaction in Dutch elm disease. Nat. Can. 115:157–161

Hubbes, M. 1989. Pathogen genetics and mechanisms of tree resistance employing tissue cell culture. p. 57 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posterrs, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Hubbes, M. The use of tissue culture in phytopathological studies. Colloque sur la culture *in vitro* en biologie vegetale. Le jeudi 16 mars 1989, Pavillon Paul–Comtois, Univ. Laval. (in press)

Jeng, R.S., Yang, D–Q. and Hubbes, M. 1989. Mansonone accumulation and protein change in elm calli in response to culture filtrates of Dutch elm disease. p. 59 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Szczegola, M. 1988. Induction of mansonones by *Ophiostoma ulmi* in tissue culture of *Ulmus americana* and *Ulmus pumila*. M.Sc. thesis, Fac. For., Univ. Toronto. 100 p.

KEYWORDS:

biochemical marker, biological control, chinese elm, disease resistance, Dutch elm disease, isozyme, mansonone, *Ophiostoma ulmi*, pathogen virulence, protein pattern, tissue culture, white elm

Management of Conifer Seedling Root Rot in Provincial Bareroot Nurseries.

Project reference number:	33045
Investigator/contractor:	J.E. Saunders, Sault Ste. Marie, Ontario.
Scientific authority:	G.P. Munro, Ontario Ministry of Natural Resources, Pest Management Section, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVE:

To investigate strategies for managing root rots in coniferous bareroot nursery stock, including: (a) the effect of root pruning and wrenching on the incidence of disease; (b) the use of chemicals for controlling root rot in pines; (c) levels of soil-borne pathogen populations; (d) survival after outplanting of spruce infected with root rot; and (e) the effect of soil solarization on fungal populations.

White pine infected with Cylindrocladium *(J. Saunders)*

DESCRIPTION:

Fungi have been implicated in damage and mortality of coniferous seedlings as a result of root rots in forest tree nurseries. Root rots associated with *Cylindrocladium floridanum*, *Cylindrocarpon destructans*, and *Fusarium oxysporum* are considered a significant problem in Ontario's bareroot tree nurseries. Relatively heavy losses to root rots associated with *Cylindrocladium*, *Cylindrocarpon* and *Fusarium* have been reported for spruce, as well as for red pine and eastern white pine.

Previously, root rots caused by fungi have been controlled by chemical soil fumigation. However, the control achieved by this means is usually short lived. There are also major concerns over the negative effects of soil fumigation upon beneficial and antagonistic microorganisms.

Provincial bareroot nurseries are now implementing a more integrated approach to the management of root rots and associated fungi. In addition to the chemical control of pathogens, this includes improved sanitation measures (e.g., root raking to remove residual root material after lifting seedlings) and consideration of the levels of soil-borne pathogens and/or past incidence of root rot in planning the next crop rotation. At the same time, more attention is being given to the impact of cultural practices on pathogen and disease incidence.

This project comprises a number of semi-operational trials that address questions for which answers are needed in order to develop integrated strategies for managing root rots in conifer nurseries. These relate to the influence of cultural and disease control practices upon the incidence of root rots, probable rates of reinvasion by root rot pathogens in fumigated soils, and the losses that can be expected if conifer seedlings with root rot are shipped and outplanted.

PROGRESS:

Root pruning and wrenching are used on an operational basis in several provincial nurseries, primarily to modify seedling shoot and root characteristics and to condition seedlings. It has been suggested that the stress and root lesions caused by these practices may increase the incidence of root rots in conifer seedlings. To test this

hypothesis, trials are being conducted in seedbeds of jack pine and red pine at the Midhurst and Thessalon nurseries, respectively. Pathogen levels and the incidence of disease are being monitored in treated and untreated seedbeds. Preliminary indications are that the incidence of disease was low prior to treatment, and that the level of infection has not changed significantly since pruning and wrenching.

Solarization (solar heating of soil) has been used successfully to control some agricultural root diseases, and offers a non-chemical approach to the management of soil pathogens (Katan 1981, Stapleton and DeVay 1986). A semi-operational trial of this technique is being conducted at the St. Williams nursery. This is a cooperative trial with Dr. J. Potter (Agriculture Canada, Vineland, Ontario), who is monitoring the effect of soil treatment upon populations of the nematode *Paratrichodorus pachydermis*. Moistened transplant beds were covered with clear polyethylene for 83 days during the hottest part of the summer of 1988. Solarization brought about a significant reduction in the number of *Cylindrocladium* propagules in the soil to a depth of 10 cm. White spruce seedlings were transplanted into the treated beds in the spring of 1989 to determine whether the reduction in pathogen levels will be reflected in a reduction in the incidence of root rot.

Although the use of broad-spectrum soil fumigants can be successful in controlling soil-borne pathogens, their effectiveness can be reduced where the fungus is able to reinvade the soil as a saprophyte. In 1987, a preliminary reinvasion trial was established in a compartment that had been fumigated with granular Basamid®. Although fumigation significantly reduced population levels of *Cylindrocarpon* and *Fusarium* in the soil, by the following spring, 8 months later, pathogen levels had returned to pre-fumigation levels. A second trial, established in 1988, is currently being monitored to determine how fast reinvasion occurs in fumigated soils.

Mortality rates after outplanting for coniferous planting stock infected with root rots are not well documented for Ontario. Trials were established at Midhurst, Ontario in the spring of 1988 with healthy and *Cylindrocladium*-infected black spruce bareroot stock from the Thunder Bay and Kemptville nurseries. Preliminary results suggest that potentially high mortality rates may occur in infected seedlings. After 6 months, more than 30% of seedlings with a main-root infection and 20–30% of those with a lateral-root infection at the time of planting were dead. The mortality rate in apparently healthy seedlings was 10–20%. Mortality rates and the incidence of associated *Cylindrocladium* will be monitored through the second growing season.

The information gained from these trials will be of immediate value to nurserymen and will contribute to the development of strategies for managing root rots in bareroot nurseries.

Completion date: March 31, 1990.

REPORTS:

Saunders, J.E. and Juzwik, J. 1989. The management of conifer seedling root rot in provincial bareroot nurseries. File Rep.

Saunders, J.E. and Juzwik, J. 1989. Management of root rot in conifer seedlings in provincial bare-root nurseries. p. 60 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

KEYWORDS:

bareroot production, Basamid®, black spruce, *Cylindrocladium floridanum*, *Cylindrocarpon destructans*, *Fusarium oxysporum*, jack pine, nursery diseases, red pine, root pruning, root rot, root wrenching, seedling survival, soil fumigation, soil solarization, transplanting, white pine, white spruce

Transfer of Root Rot Technology.

Project reference number:	33015
Investigator/contractor:	Pro–Vision Communications Group Inc., Toronto, Ontario.
Scientific authority:	Dr. R.D. Whitney, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To describe for forest managers and practicing foresters, in readily understood form, the causes, disease symptoms, and damage caused by root rots in Ontario trees, including descriptions of losses, prevention and control.

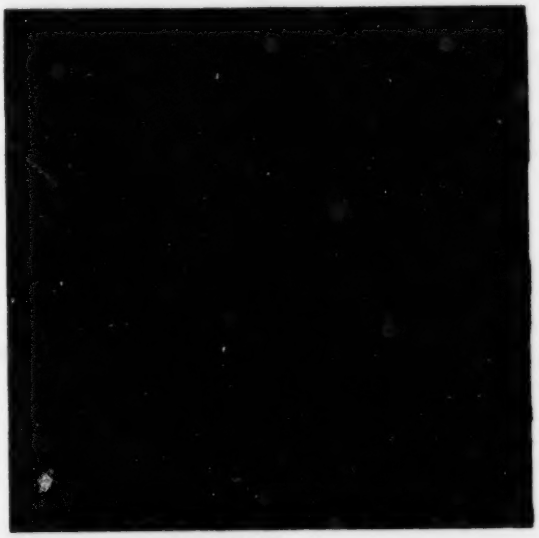
2. To improve the ability of forest managers to recognize decline and losses caused by root rots, to assess their importance, and to consider silvicultural alternatives for attaining forest management objectives in light of potential losses.

DESCRIPTION:

Together with the spruce budworm, fire and inadequate regeneration, root and stem rots of commercial tree species constitute some of the principal problems encountered in the management of Ontario's forests. Ninety percent of merchantable trees sampled in Ontario have shown evidence of root decay. The annual loss of wood to decay is estimated to be in excess of 20 million m^3, or roughly the same volume as that currently harvested annually from these forests. Of this annual loss, nearly 12 million m^3 may be attributed to the activities of root rots.

Although a considerable amount of information has been published dealing with the pathology of the root rots that affect trees in Ontario, most of it is of a highly technical nature. At the same time, much of this information is dispersed through numerous scientific journals or other specialist literature, and usually is not readily available to the general reader.

Because of the economic impacts of root rots and the need for practicing foresters to have an awareness of presdisposing factors, disease symptoms, etc., it was recognized that the scientific information needed to be consolidated into a readily available and simplified form. The purpose of this project, then, was to facilitate root rot technology transfer through (i) production of a short videotape on the subject, and (ii) preparation of an illustrated booklet for the practicing forester.



Butt rot in spruce logs (R. Whitney)

PROGRESS:

A 35-page practical guide was published in 1988, entitled *The Hidden Enemy. A Forester's Guide to Identification and Reduction of Major Root Rots in Ontario*. This booklet brings together, in simplified form, practically oriented information on the occurrence and life cycles of different root rot fungi, disease symptoms, the type of damage caused, associated inoculum sources and predisposing factors, together with suggestions for prevention and control. The popularity of the booklet has been such that a second print run became necessary in 1989.

The booklet is profusely illustrated with color photographs that show affected trees and stands, and several of the more than 25 species of fungus that attack trees in Ontario, as well as with line drawings and distribution maps. The guide focuses on the three root rot species that have the most damaging effect upon commercial coniferous species in Ontario, *viz.*: *Armillaria obscura*, *Inonotus tomentosus*, and *Heterobasidion annosum*.

A 23-minute videotape (VHS only), *The Hidden Enemy. Root Rot Technology Transfer*, was issued concurrently with the booklet. This video employs many of the same photographs used in the booklet, plus relevant movie and video footage. The linking commentary, which is based on the same text, discusses the impacts that root rots have upon forest management, and describes how silvicultural practices can affect the incidence of fungal attack. The booklet and video are also available in French versions.

As a follow-up to publication of the booklet and video, three technology transfer workshops were held in 1988 (in the Geraldton, Sioux Lookout and Midhurst–Simcoe forest districts). A fourth workshop was held in Sault Ste. Marie district in 1989. These workshops were designed to give forest managers and technicians first-hand experience in recognition of tree symptoms, forest damage, causal fungi, and the effects of forest management practices on the incidence of disease.

Completion date: April, 1988

REPORTS:

Whitney, R.D. 1988. The Hidden Enemy. Root rot technology transfer. For practical use in the field: a forester's guide to identification and reduction of major root rots in Ontario. Joint Publ., Can. For. Serv./ Ont. Min. Nat. Resour. 35 p.

Whitney, R.D. 1988. L'Ennemi caché. Transfert de la technologie concernant les pourridiés. Pour usage sur le terrain: guide du forestier servant à identifier et à enrayer les principaux pourridiés en Ontario. Publ. conj., Serv. can. for./Min. Rich. nat. Ont. 35 p.

Whitney, R.D. 1989. Root rot technology transfer. p. 62 *in* G.K.M. Smith and D. Bates (Cochairmen), Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Videotapes

The Hidden Enemy. Root rot technology transfer. Produced by Pro–Vision Communications Group Inc. for Can. For. Serv., 1988. VHS, 23 minutes.

L'Ennemi caché. Transfert de la technologie concernant les pourridiés. Produit par Pro–Vision Communications Inc. pour Serv. can. for., 1988. VHS, 23 min.

Videotapes are available on loan from Forestry Canada, Ontario Region, and may be copied.

KEYWORDS:

Armillaria obscura, forest losses, *Heterobasidion annosum*, *Inonotus tomentosus*, root rot, teaching aids, technology transfer, tree damage, wood decay

Forestry Research Marketplace.

Project reference number:	33039
Key organizers:	Forestry Canada, Ontario Region and the Ontario Ministry of Natural Resources under the auspices of the Ontario Forest Research Committee.
Scientific authority:	G.K.M. Smith, Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie, Ontario.

OBJECTIVES:

1. To increase awareness among forest managers in government and industry of the scope of forestry-related research being carried out in Ontario and of its potential contribution or application to the future management of Ontario's forests.

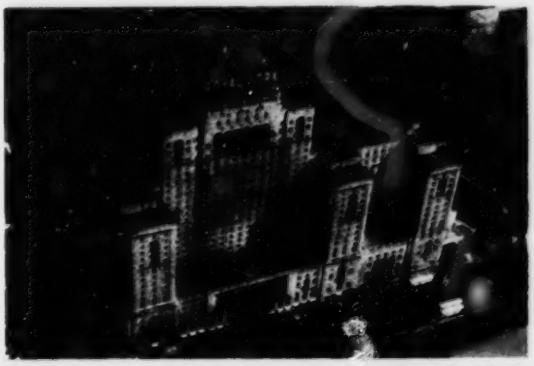
2. To assist in transferring the results of COFRDA-funded research to potential users in Ontario.

3. To provide a forum for informal information exchange and discussion among research scientists, forest managers, academics and other interested parties concerning current and future research needs in Ontario's forests.

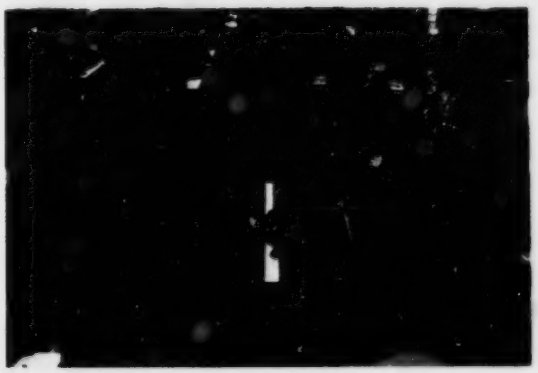
DESCRIPTION:

Forestry Research Marketplace promises to be one of the largest and most important exhibitions of forestry-related research, development and innovation ever assembled in Ontario. This 2-day event will be held at the Royal York Hotel in Toronto on November 22 and 23, 1989, and is expected to attract a broad cross–section of those interested in the management of Ontario's forests — researchers, government and industry executives, forest managers and administrators, field foresters, academics, students, the communications media, and the interested public.

The purpose of Forestry Research Marketplace is to showcase the contributions that are being made to the advancement of forest management practices in Ontario through research and the application of research findings. The aim is to demonstrate the importance and benefits of such work, whether it be basic, applied or developmental research, to senior decision-makers in the forestry sector, to the users of research results, and to the public.



(Royal York Hotel)



(For. Can.)

The focus of this event will be some 175 poster displays that depict the results of research carried out by scientists in Forestry Canada, the Ontario Ministry of Natural Resources, universities, and the forest industry, and by contractors and consultants. The posters will concentrate on forest growth and development, and will cover such topics as tree improvement and genetics, forest ecology,

silviculture, forest protection, growth and yield, remote sensing, computer technologies, and economic analysis. Visitors to Research Marketplace will have the opportunity for one-on-one dialogue with research scientists and other presenters to obtain first-hand interpretations of results and to participate in discussions with colleagues and researchers. One very important goal of the meeting is to promote interaction between researchers and forest managers.

To complement the poster sessions, short workshops, demonstrations and video displays will be scheduled throughout the 2-day program. In addition, there will be approximately 50 commercial displays by equipment manufacturers, suppliers, consultants, etc., of products and services related to forest management. Other features will include a publications display area and corporate displays that depict the programs of the various agencies involved in forestry research and development in Ontario.

Research Marketplace is being held under the auspices of the Ontario Forestry Research Committee, and is being funded largely from the federal direct-delivery portion of the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement (COFRDA). Direction, through the COFRDA Research Advisory Committee, is provided by a Steering Committee with representation from Forestry Canada, Ontario Region (FCOR), the Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR), and the University of Toronto (Faculty of Forestry). A planning committee, with representatives from FCOR, OMNR, the Petawawa National Forestry Institute, the University of Toronto, and the Ontario Forest Industries Association, is responsible for organizing the event.

REPORTS:

Smith, G.K.M. and Bates, D. (Cochairmen). 1989. Forestry Research Marketplace. Abstracts: research posters, workshops and commercial exhibits. For. Can., Ont. Region, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18. 151 p. + 20 p. supplement.

KEYWORDS:

technology transfer

POSTSCRIPT

As the first comprehensive exposition of forestry-related research and development to be held in Ontario, Forestry Research Marketplace was an outstanding success. It attracted displays and exhibits on a wide range of subjects, in such numbers as to be almost overwhelming.

In all, there were 180 research posters, 51 commercial exhibits and 14 non-profit displays. These were supplemented by 24 workshop presentations and numerous videos. Although most research posters described research being conducted in Ontario, there was a strong showing by researchers from other provinces. Thirty six of the research posters described projects (included in this compendium) that were funded under the Research, Applications and Development Sub-Program of COFRDA.

Federal exhibitors included Forestry Canada regional centres (Ontario, Alberta, Quebec, New Brunswick, Newfoundland), Forestry Canada's Petawawa National Forestry Institute and Forest Pest Management Institute, the Atmospheric Environment Service of Environment Canada and the Canada Centre for Remote Sensing. Provincial participants included the Ontario Ministry of Natural Resources and the Ontario Forest Research Institute, the Ontario Centre for Remote Sensing, the Ontario Ministry of the Environment and the Quebec Ministry of Energy and Resources. Other exhibitors included eight universities and one college, the Forest Engineering Research Institute of Canada, Forintek Canada, numerous private companies, the British Columbia Research Corporation, the New Brunswick Research and Productivity Council, and the Royal Ontario Museum.

Approximately 1000 people, including exhibitors, attended Forestry Research Marketplace. This was within the target set by the organizers and, for a first event of this nature, may be considered a good turnout. Government employees, particularly field-level staff, and researchers accounted for the largest proportion of the audience, although it was encouraging to see many students in attendance, taking a keen interest in the research on display. Perhaps the greatest disappointment for the organizers was the poor attendance by members of the forest industry, one of the principal target groups in planning this event.

APPENDICES

COMMON AND SCIENTIFIC NAMES

Trees and Shrubs

Alder	
black	*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
speckled	*Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng.
Ash	
black	*Fraxinus nigra* Marsh.
white	*Fraxinus americana* L.
Basswood	*Tilia americana* L.
Beech	*Fagus grandifolia* Ehrh.
Birch	
white	*Betula papyrifera* Marsh.
yellow	*Betula alleghaniensis* Britt.
Cedar	
eastern white	*Thuja occidentalis* L.
Cherry	
pin	*Prunus pensylvanica* L.f.
Elm	
Chinese	*Ulmus pumila* L.
white	*Ulmus americana* L.
Fir	
balsam	*Abies balsamea* (L.) Mill.
Hazel	
beaked	*Corylus cornuta* Marsh.
Honey-locust	*Gleditsia triacanthos* L.
Ironwood	*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch
Larch	
Dahurian	*Larix gmelinii* Kuzeneva
European	*Larix decidua* Mill.
hybrid	*Larix decidua* Mill. X *L. kaempferi* Carr.
Siberian	*Larix sibirica* Ledeb.
tamarack	*Larix laricina* (Du Roi) K. Koch
Locust	
black	*Robinia pseudoacacia* L.
Maple	
mountain	*Acer spicatum* Lam.
sugar	*Acer saccharum* Marsh.
Oak	
red	*Quercus rubra* L.
Pine	
jack	*Pinus banksiana* Lamb.
red	*Pinus resinosa* Ait.
Scots	*Pinus sylvestris* L.
white (eastern)	*Pinus strobus* L.
Poplar	
aspen, hybrid	*Populus tremuloides* Michx. X *P. tremula* L.
aspen, largetooth	*Populus grandidentata* Michx.
aspen, trembling	*Populus tremuloides* Michx.
balsam	*Populus balsamifera* L.
eastern cottonwood	*Populus deltoides* Marsh.
Spruce	
black	*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.
Norway	*Picea abies* (L.) Karst.
white	*Picea glauca* (Moench) Voss
Willow	
black	*Salix nigra* Marsh.

Small shrubs and herbs

Bicknell geranium	*Geranium bicknellii* Britt.
Cow-wheat	*Melampyrum lineare* Desr.
Goldthread	*Coptis groenlandica* (Oeder) Hultén
Great willow-herb (fireweed)	*Epilobium angustifolium* L.
Labrador tea	*Ledum groenlandicum* Oeder
Sedges	*Carex* spp.
Twinflower	*Linnaea borealis* L.
Violet	*Viola adunca* Sm.
Wintergreen	*Gaultheria procumbens* L.

Ferns, mosses and lichens

Hair-cap moss	*Polytrichum commune* (Hedw.)
Reindeer moss	*Cladonia* spp.
Step moss	*Hylocomium splendens* (Hedw.) BSG.
Wavy dicranum	*Dicranum polysetum* Sw.
Wood fern	*Dryopteris spinulosa* (O.F. Muell.) Watt

Fungi

Armillaria root rot	*Armillaria obscura* (Schaeffer) Herink
Armillaria root rot	*Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink
Cylindrocarpon root rot	*Cylindrocarpon destructans* (Zinss.) Scholten
Cylindrocladium root rot	*Cylindrocladium floridanum* Sob. & C.P. Seym.
Dutch elm disease	*Ophiostoma ulmi* (Buism.) Nannf.
Fomes root rot	*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.
Fusarium stem and root rot	*Fusarium oxysporum* Schlecht.
Tomentosus root rot	*Inonotus tomentosus* (Fr.) Teng

Mycorrhizal fungi:

Hebeloma cylindrosporum Romagn.
Laccaria bicolor (R. Maire) Orton
Laccaria proxima (Boud.)
Pisolithus tinctorius (Pers.) Coker & Couch
Rhizopogon rubescens (Tul.) Tulasne
Thelephora terrestris Ehrh.:Fr.

Insects

Forest tent caterpillar	*Malacosoma disstria* Hbn.
Jack pine budworm	*Choristoneura pinus pinus* Free.
Large aspen tortrix	*Choristoneura conflictana* (Wlk.)
Minute egg parasite	*Trichogramma minutum* Riley
Spruce budworm	*Choristoneura fumiferana* (Clem.)

Mammals and amphibia

Heather vole	*Phenacomys intermedius* Merriam
Masked shrew	*Sorex cinereus* Kerr
Moose	*Alces alces* (L.)
Varying hare (Snowshoe hare)	*Lepus americanus* Erxleben
Hermit thrush	*Hylocichla guttata* (Pallas)
Olive-backed thrush (Swainson's thrush)	*Hylocichla ustulata* (Nuttall)
Spruce grouse	*Canachites canadensis* (L.)
Wood frog	*Rana sylvatica* LeConte

REFERENCES

Allen, D.C., Abrahamson, L.P., Eggen, D.A., Lanier, G.N., Swier, S.R., Kelley, R.S. and Auger, M. 1986. Monitoring spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) populations with pheromone-baited traps. Environ. Entomol. 15: 152–165.

Anon. 1972. Forest production policy options for Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Div. For., Toronto, Ont. 54 p. + appendices.

Anon. 1981. Discussion paper: A Forest Sector Strategy for Canada. Dep. Environ., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. 26 p. + tables and charts.

Anon. 1982. Policy statement: a framework for forest renewal. Dep. Environ., Ottawa, Ont. 7 p.

Anon. 1982a. Northeastern Ontario strategic land use plan. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 62 p.

Anon. 1982b. Private land forests: a public resource. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 161 p.

Anon. 1982c. Thunder Bay district land use plan — background information. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 119 p.

Anon. 1983. Thunder Bay district land use guidelines. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 108 p.

Anon. 1988. Statistics 1987–1988. Statistical supplement to the Annual Report of the Minister of Natural Resources for the year ending March 31, 1988. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 114 p.

Baldwin, K.A. and Sims, R.A. 1989. Field guide to the common forest plants of northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 344 p.

Beaufils, E.R. 1956. Mineral equilibriun in the foliage and latex of *Hevea brasiliensis*. Ann. IRNA Annales Agronomique 2: 205.

Bernier, L., Jeng, R.S. and Hubbes, M. 1983. Differentiation of aggressive and non-aggressive isolates of *Ceratosystis ulmi* by gel electrophoresis of intramycelial enzymes. Mycotaxon 17: 456–465.

Bewley, J.D. and Black, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 2. Springer–Verlag, New York. 375 p.

Bonner, F.T. 1986. Measurement of seed vigor for loblolly and slash pines. For. Sci. 32: 170–178.

Cowell, D.W., Wickware, G.M. and Sims, R.A. 1979. Ecological land classification of the Hudson Bay Lowland coastal zone, Ontario. p. 165–175 *in* C.D.A. Rubec (Ed.), Proc. 2nd Mtg., Can. Comm. on Ecol. Land. Class. Dep. Environ., Lands Directorate, Ottawa, Ont. Ecol. Land Class. Ser. 7.

Dunn, F. 1988. Guidelines for developing fire management strategies. Ont. Min. Nat. Resour., Aviation and Fire Manage. Centre, Sault Ste. Marie, Ont. 50 p.

Edwards, C.J. and Hartwig, E.E. 1971. Effect of seed size upon rate of germination in soybeans. Agron. J. 63: 429–430.

Fayle, D.C.F., MacIver, D. and Bentley, C.V. 1983. Computer-graphing of annual ring widths during measurement. For. Chron. 59(6): 291–293.

Goba, N., Pala, S. and Narraway, J. 1982. An instruction manual on the assessment of regeneration success by aerial survey. Ont. Min. Nat. Resour., Ont. Centre for Remote Sensing, Toronto, Ont. 49 p. + appendices.

Greenwood, J.S., Stinissen, H.M., Peumans, W.J. and Chrispeels, M.J. 1986. *Sambucus nigra* agglutinin is located in protein bodies in the phloem parenchyma of the bark. Planta 167: 275–278.

Heydecker, W. and Coolbear, P. 1977. Seed treatments for improved performance — survey and attempted prognosis. Seed Sci. and Technol. 5: 353–425.

Hills, G.A. 1959. A ready reference to the description of the land of Ontario and its productivity. Ont. Dep. Lands and For., Div. Res., Maple, Ont. 142 p.

Hubbes, M., Neumann, P. and Willemot, C. 1977. Fatty acids triggering coremia formation by *Ceratosystis ulmi*. Their occurrence and distribution in elm wood. Eur. J. For. Pathol. 7: 98–104.

Jeglum, J.K. The Wally Creek Area Forest Drainage Project in Ontario's Claybelt: Progress Report. *In* Proc. Symposium '89: Peat and Peatlands, Quebec City, Que., August 6–10, 1989. Can. Soc. Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia. (in press)

Johnson, P.S. 1984. Responses of planted northern red oak to three overstory treatments. Can. J. For. Res. 14: 536–542.

Jones, R.K., Pierpoint, G., Wickware, G.M., Jeglum, J.K., Arnup, R.W. and Bowles, J.M. 1983. Field guide to forest ecosystem classification for the Clay Belt, Site Region 3E. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 123 p.

Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. Ann. Rev. Phytopathol. 19: 211–236.

Ketcheson, D.E. and Jeglum, J.K. 1972. Estimates of black spruce and peatland areas in Ontario. Dep. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Inf. Rep. O–X–172. 29 p.

Lin, D., Dumas, M.T. and Hubbes, M. 1984. *Armillaria* isolates, their characterization and their host specificity. Can. J. Plant Pathol. 6: 264.

Lin, D., Dumas, M.T. and Hubbes, M. 1985. Induction of rhizomorph formation in *Armillaria* spp. by substances present in the bark. Can. J. Plant. Pathol. 7: 445.

Maheswari, P. and Singh, H. 1967. The female gametophyte of gymnosperms. Biol. Rev. Cambridge Philosoph. Soc. 42: 88–130.

McRae, D.J., Stocks, B.J. and Ogilvie, C.J. Fire acceleration on large-scale convection burns. *In* Proc. Tenth Conf. on Fire and Forest Meteorology, Ottawa, Ont., April 1989. Atmospher. Environ. Serv., Downsview, Ont. (in press)

Methven, I.R. 1971. Prescribed fire, crown scorch and mortality: field and laboratory studies on red and white pine. Dep. Environ., Can. For. Serv., Petawawa For. Exp. Stn., Chalk River, Ont. Inf. Rep. PS–X–31. 10 p.

Nyland, R.D., Abrahamson, L.P. and Adams, K.B. 1983. Use of fire for regenerating red and white oak in New York. p. 163–167 *in* Proc. Soc. Amer. Foresters Convention, Cincinatti, Ohio, September 1982.

Ogilvie, C.J. and Fitch, R. A computerized infrared system for observation of prescribed fires. USDA For. Serv., Fire Management Notes 50(2) (in press).

Payne, N., Feng, J. and Reynolds, P. 1987. Off-target deposit measurements and buffer zones required around water for various aerial applications of glyphosate. Gov't of Can., Can. For. Serv., For. Pest Manage. Inst., Sault Ste. Marie, Ont. Inf. Rep. FPM–X–80. 23 p.

Racey, G.D., Whitfield, T.S. and Sims, R.A. 1989. Northwestern Ontario forest ecosystem interpretations. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 80 p.

Reed, F.L.C. and Associates Ltd. 1978. Forest management in Canada. Vol. I: A study to improve the basis for policy formulation, planning and practice in intensive forest management. Dep. Environ., Can. For. Serv., For. Manage. Inst., Ottawa, Ont. Inf. Rep. FMR–X–102. viii + 155 p.

Rishbeth, J. 1972. The production of rhizomorphs by *Armillaria mellea* from stumps. Eur. J. For. Pathol. 2: 193–205.

Rishbeth, J. 1985. Infection cycle of *Armillaria* and host response. Eur. J. For. Pathol. 15: 332–341.

Ritchie, G.A. 1984. Assessing seedling quality. p. 243–259 *in* M.L. Duryea and T.D. Landis (Ed.), Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Nijhoff/Junk, The Hague.

Rosen, M.R. 1986. The installation of a systematic peatland drainage system for forestry. p. 201–209 *in* Proc. Symp. on Advances in Peatlands Engineering. Nat'l Res. Counc., Ottawa, Ont.

Rowe, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Dep. Environ., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. Publ. 1300. 172 p.

Sanders, C.J. 1988. Monitoring spruce budworm population density with sex pheromone traps. Can. Ent. 120: 175–183.

Sanders, C.J. and Weatherston, J. 1976. Sex pheromone of the eastern spruce budworm: optimum blend of *trans*- and *cis*-11-tetradecenal. Can. Ent. 108: 1285–1290.

Silk, P.J., Kuenen, L.P.S., Tan, S.H., Roelofs, W.L., Sanders, C.J. and Alford, A.R. 1985. Identification of sex pheromone components of the jack-pine budworm, *Choristoneura pinus pinus* Freeman. J. Chem. Ecol. 11: 159–167.

Silk, P.J., Tan, S.H., Wiesner, C.J., Ross, R.J. and Lonergan, G.C. 1980. Sex pheromone chemistry of the eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*. Environ. Entomol. 9: 640–644.

Sims, R.A., Towill, W.D., Baldwin, K.A. and Wickware, G.M. 1989. Field guide to the forest ecosystem classification for northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 120 p.

Smith, S.M. and Hubbes, M. 1986a. Strains of *Trichogramma minutum* Riley. I. Biological and biochemical characterization. Zeit. angew. Entomol. 101: 223–239.

Smith, S.M. and Hubbes, M. 1986b. Strains of *Trichogramma minutum* Riley. II. Utilization for release against the spruce budworm. Zeit. angew. Entomol. 102: 81–93.

Smith, S.M. and Hubbes, M. 1986c. Isoenzyme patterns and biology of *Trichogramma minutum* Riley as influenced by rearing temperature and host. Entomol. Exper. Appl. 42: 249–258.

Smith, S.M., Hubbes, M. and Carrow, J.R. 1987. Ground releases of *Trichogramma minutum* (Hym.: Trichogrammatidae) against epidemic populations of eastern spruce budworm. Can. Ent. 119: 251–263.

Stapleton, J.J. and DeVay, J.E. 1986. Soil sterilization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop Protection 5(3): 190–198.

Stocks, B.J. 1980. Black spruce crown fuel weights in northern Ontario. Can. J. For. Res. 10: 498–501.

Stocks, B.J. 1987a. Fire potential in the spruce budworm-damaged forests of Ontario. For. Chron. 63(1): 8–14.

Stocks, B.J. 1987b. Fire behavior in immature jack pine. Can. J. For. Res. 17: 80–86.

Sutton, R.F. 1984. Mounding site preparation: evaluation of jack pine outplantings. p. 66–77 *in* C.R. Smith and G. Brown (Cochairmen), Proc. Jack Pine Symposium. Dep. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. COJFRC Symp. Proc. O–P–12.

Takai, S. 1980. Relationships of the production of the toxin, cerato-ulmin, to synnema formation, pathogenicity, mycelial habit, and growth of *Ceratosystis ulmi* isolates. Can. J. Bot. 58: 658–662.

Titus, J.S. and Kang, S.M. 1982. Nitrogen metabolism, translocation and recycling in apple trees. Hort. Rev. 4: 204–242.

Van Damme, L. 1984. Microsite and seed treatment effects on jack pine establishment following Bräcke site preparation and direct seeding. Unpub. ms., KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ont.

Virgo, K. 1975. Practical aspects of regeneration in Ontario's clay belt peatlands. p. 265–276 *in* Proc. Black Spruce Symposium. Dep. Environ, Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Symp. Proc. O–P–4.

Walker, H.D. 1985. An alternative approach to goal programming. Can. J. For. Res. 15: 319–325.

Warner, B.G. 1987. Abundance and diversity of testate amoebae (Rhizopoda: Protozoa) in sphagnum peatlands in south western Ontario, Canada. Archiv für Protistenkunde 133: 173–179.

KEYWORD INDEX

2,4-D 19
advance growth 3, 47
aerial seeding 5
aerial spraying 17, 19
alder, speckled 19
archegonium 71
Armillaria spp. 99, 107
  obscura 107
  ostoyae 99
artificial regeneration 5, 7, 9, 11, 15, 21, 25, 27, 53, 55, 59
ash, black 39
aspen
  see also under poplar
  hybrid 29
  trembling 29, 39, 43
atrazine 27
autecology 39
Bacillus thuringiensis 93
bareroot stock 9, 11, 55, 57, 59
Basamid® 103
biochemical marker 89, 99, 101
biological control 89, 93, 97, 101
birch, white 39, 43
Bräcke mounding 11
Bräcke seeding 7
buffer zones 17
cedar, eastern white 39
cellulose content 67
cherry, pin 17
clonal selection 29, 55
conditioning 53, 55, 57, 59, 61
cone development 71
conifer release 21
container stock 15, 21, 27, 53, 55, 57, 63
coremia formation 97
corporate decision-making 31, 33
Cylindrocladium floridanum 103
Cylindrocarpon destructans 103
delignification 67
direct seeding 5, 7
discing 27
disease resistance 101
DNA 89
DRIS 69
drought tolerance 53, 55, 57
Dutch elm disease 97, 101
ectomycorrhizae 15
elm
  Chinese 101
  white 101
environmental impact 17, 93
extractives (wood) 67
fatty acid 97
FEC — *see* forest ecosystem classification
female gametophyte 71
fenitrothion 93
fertilization
  nursery 15, 61
  plantation 29, 61
  seed orchards 61, 69
fir, balsam 39, 43
fire 9, 77, 79, 81, 83, 85
fire behavior 77, 85
fire ecology 79
fire hazard prediction 77, 83
fire ignition lines 85
fire impact assessment 79, 81
fire intensity 79
fire protection 77, 83
foliar analysis 69
forest drainage 13, 49
forest ecology 3, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 79
forest ecosystem classification 3, 13, 37, 39, 41, 43, 47, 77
forest fire management 77, 81, 83, 85
forest habitats 41, 43
forest industry 31
forest losses 81, 99, 107
forest management 3, 31, 33, 47, 81, 83
forest resource policy 31, 33, 81
forest values 31, 33
frost resistance 57

fuel loadings 77, 83
fuel complex 77
Fusarium oxysporum 103
geographic information systems 39, 81
germination 5, 7, 63
GIS — *see* geographic information systems
glacial history 41
glyphosate 9, 17, 19, 21
goal programming 33
groundwater 13
harvesting 13, 81
hazel, beaked 43
heartwood 67
herbicide 9, 17, 19, 21, 27
  2,4-D 19
  atrazine 27
  glyphosate 9, 17, 19, 21
  hexazinone 27
  linuron 27
  simazine 27
herbicide tolerance 21
Heterobasidion annosum 107
hexazinone 27
host resistance 73
host vigor 99
Hudson Bay Lowland 45
hydrology 13, 45
infrared imagery 23, 85
Inonotus tomentosus 107
insect populations 73, 91, 93
insecticide 93
integrated resource management 31, 33, 93
intensive silviculture 29
inundative parasitoid release 89
isozyme 89, 97, 99, 101
jack pine budworm 73, 91, 93
landforms 39, 41, 45
LANDSAT 23
larch
  Dahurian 29
  European 27, 29, 61
  hybrid 27, 29
  Siberian 29
  tamarack 27, 29, 39
layering 3, 47
lignin 67
linoleic acid 97
linuron 27
lipid 97
mansonone 101
maple
  mountain 43
  sugar 61
mass-fire 85
Matacil® 93
microsite 5, 7, 11, 49
microsite compaction 7
mineral nutrition 61, 69, 79
modeling 25, 33, 81, 83
moisture stress 53, 55, 57, 59
molecular biology 53
mounding 11
multi-date imagery 23
multiple-use forestry 31, 33
mycorrhizae 15
natural regeneration 3, 47
nitrogen metabolism 61
nitrogen storage 61
nursery diseases 103
nursery production 15, 25, 55, 59, 63, 103
  bareroot 55, 59, 103
  container 15, 25, 55, 63
nutrient standards 69
nutrient status 61, 69, 79
oak, red 9
Ophiostoma ulmi 97, 101
osmotic priming 63
overwintering 61
oxygenation 49
parasitoid 89
parasitoid characterization 89
pathogen inhibition 99
pathogen virulence 101
peatlands 3, 13, 45, 49
peatland drainage 13, 49
pedological relationships 45

PEG — *see* polyethylene glycol
pesticide 93
phenology 19, 21, 43
pheromones 91
photo-interpretation 39
physiology, seedling 21, 53, 55, 57, 59, 61, 63
phytotoxicity 17
pine
  jack 7, 11, 15, 21, 25, 27, 39, 43, 53, 57, 63, 67, 71, 73, 79, 83, 93, 103
  red 39, 43, 83, 103
  Scots 61
  white 9, 39, 61, 99, 103
planting 9, 11, 27, 53, 55, 59
polyethylene glycol 63
poplar
  see also under aspen
  balsam 29, 39, 43
  eastern cottonwood 29, 61
prescribed burning 9, 79, 85
private land forestry 27, 31
protein bodies 61
protein pattern 99, 101
proteolytic enzyme 63
pruning 83
pulping characteristics (wood) 67
recreation 31
regeneration assessment 23
remote sensing 23, 85
reproductive habits 43, 71
reserve proteins 61
root development 15, 57
root growth capacity 59
root pruning 103
root raking 27
root rot 99, 103, 107
root wrenching 103
rooted cuttings 27, 55
sapwood 67
satellite imagery 23
second-growth forest 3, 47
seed development 71
seed metabolism 63
seed orchards 69
seed testing 5
seedbed 5, 7
seedbed compaction 7
seedling growth 5, 9, 11, 15, 25, 27, 55, 59
seedling nutrition 15
seedling physiology 21, 53, 55, 57, 59, 61, 63
seedling survival 5, 7, 9, 11, 25, 53, 57, 59, 103
short-rotation crops 27, 29
simazine 27
simulation models 25, 81
site preparation 5, 7, 11, 27, 85
slash decomposition 83
slope sequences 39
soil analysis 69
soil classification 39
soil chemistry 45
soil fumigation 103
soil microfauna 49
soil moisture 49
soil/site relationships 41, 43, 45
soil solarization 103
soil types 41, 45
sowing date 7
spatial distribution 3
species trials 29
specific gravity (wood) 67
SPOT 23
spray drift 17
spray window 19
spruce
  black 3, 5, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 25, 39, 43, 47, 49, 53, 55, 57, 59, 63, 69, 103
  white 25, 27, 39, 43, 53, 57, 83, 103
spruce budworm 89, 91
stand dynamics 3
stand spacing 29
stand structure 3
stand tending 83
stomatal conductance 53, 55, 57, 59
streamflow 13

succession 79
surficial deposits 41
synnema formation 97
tamarack 27, 29, 39
teaching aids 41, 77, 107
technology transfer 25, 37, 41, 43, 45, 77, 107, 109
terpenes 73
testate amoebae 49
thematic mapper 23
thinning 83
timber supply 81
tissue culture 101
toposequences 39
transplanting (nursery) 103
tree damage 73, 99, 107
tree improvement 29, 67, 69, 71
triazoles 57
Trichogramma minutum 89
TRIM system 3
turgor loss 55
underplanting 9
vegetation competition 5, 9, 19, 21, 27, 43
vegetation management 9, 17, 19, 21, 27, 43
vegetational succession 79
water quality 13
water relations 53, 55, 57, 59
weed management 9, 17, 19, 21, 27, 43
wildlife management 31
wildlife populations 93
willow 17
wood decay 99, 107
work-day probabilities 19

RAPPORT ECOMVRE 1301

Recherche et développement parrainés par Forêts Canada dans le cadre de l'ECOMVRE

Canada Ontario

L'ENTENTE CANADA–ONTARIO SUR LA MISE EN VALEUR DE LA RESSOURCE FORESTIERE

Un projet quinquennal de 150 millions $ subventionné à part égale par les gouvernements du Canada et de l'Ontario.

Objectifs:

- encourager et appuyer les activités d'aménagement forestier, afin d'augmenter les approvisionnements durables en fibres de bois tirées des ressources forestières, de manière à assurer la viabilité et la compétitivité à long terme de l'industrie forestière de l'Ontario;

- améliorer et augmenter l'utilisation des ressources forestières afin de favoriser l'expansion future de l'industrie forestière; et,

- contribuer à l'expansion économique du secteur forestier de l'Ontario, y compris l'amélioration des possibilités d'emplois que présente ce secteur.

Programmes:

Aménagement et renouvellement forestiers
Soutien de l'aménagement et du renouvellement forestiers
Programmes innovateurs
Administration, communications et évaluation

Les projets sont approuvés par un comité de gestion composé de représentants du Forêts Canada et du ministère des Richesses naturelles.

CANADA–ONTARIO FOREST RESOURCE DEVELOPMENT AGREEMENT

A five-year, $150 million initiative funded equally by the Government of Canada and the Government of Ontario.

Objectives:

- to encourage and support forest management activity in order to increase the sustainable supply of wood fibre from the forest to ensure the long-term viability and competitiveness of the forest industry in Ontario;

- to improve and increase the utilization of the forest resource to enhance future forest industry development opportunities; and,

- to contribute to the economic development of Ontario's forest sector, including the improvement of employment opportunities in the sector.

Programs:

Forest Management and Renewal Operations
Forest Management and Renewal Support
Innovative Programs
Administration, Communications and Evaluation

Projects are approved jointly through a Management Committee comprised of representatives from Forestry Canada and the Ontario Ministry of Natural Resources.

RAPPORT ECOMVRF 3301

Un abrégé de recherche et développement parrainés par Forêts Canada dans le cadre de l'ECOMVRF

J.B. Scarratt
Forêts Canada, Région de l'Ontario
1989

Entente Canada–Ontario
sur la mise en valeur de la ressource forestière
1984–1989
Projets réaliser–composante fédérale

©Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1989
Numero de catalogue Fo 29–25/3301
ISBN 0–662–57078–2
ISSN 0847–2866

Cette publication est disponsible sans frais de:
Services de Communication
Centre de foresterie des grands lacs
Forêts Canada–Région de l'Ontario
C.P. 490
Sault Ste. Marie, Ontario
P6A 5M7

Des copies microfiches de cette publication sont en vente chez:
Micro Media Inc.
Place du Portage
165, Hotel–de–Ville
Hull, Quebec
J8X 3X2

REMARQUE

L'utilisation ou la mention de marques de commerce ou de produits brevetés n'inclut en aucun façon l'approbation de Forêts Canada ou du ministère des Richesses naturelles.

RÉSUMÉ

Le présent compendium propose une récapitulation descriptive des 48 projets de recherche et de développement financés par le gouvernement fédéral dans le cadre du volet recherche, développement et applications de l'Entente Canada–Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières (ECOMVRF). Les projets en question ont principalement été entrepris par des sous–traitants, sous la surveillance de Forêts Canada (région de l'Ontario), et couvrent toute une gamme de sujets en sylviculture et aménagement forestier, écologie forestière, physiologie des arbres, amélioration végétale et génétique, et protection des forêts. Chaque résumé décrit les objectifs du projet, la méthode suivie et les résultats expérimentaux. Le compendium s'adresse particulièrement aux aménageurs, aux forestiers, à la collectivité scientifique et à tous ceux qui s'intéressent à la recherche en foresterie.

ABSTRACT

This compendium provides a descriptive summary of the 48 research and development projects that constitute the federal-delivery portion of the Research, Development and Applications Sub–Program of the Canada–Ontario Forest Resource Development Agreement (COFRDA). The projects, mostly carried out under contracts supervised by Forestry Canada, Ontario Region, cover a broad range of topics in the areas of silviculture and forest management, forest ecology, tree physiology, tree improvement and genetics, and forest protection. Each project entry describes the objectives, methodology and achievements of the research. The compendium will be of interest to forest managers, field foresters, the research community and others with an interest in forestry research.

REMERCIEMENTS

Aucun projet de grande envergure ne peut être mené à bien sans le concours de nombreuses personnes. Il en a été de même pour la présente publication. Une bonne partie des renseignements techniques qu'on y retrouve proviennent de la documentation fournie par les chercheurs en charge des projets ou l'autorité scientifique responsable. Toutefois, la teneur de chaque projet ayant dû être condensée en deux pages, les erreurs qui pourraient s'être glissées dans cet ouvrage doivent m'être entièrement imputées. Je remercie sincèrement Bruce Canning, Peter Jakibchuk et Edward Rayner, de Forêts Canada (région de l'Ontario), ainsi que Victoria Mervyn de Forêts Canada (Institut pour la répression des ravageurs forestiers) pour l'aide précieuse qu'ils m'ont si généreusement prodiguée durant la préparation de la présente publication.

Deux personnes cependant méritent d'être remerciées particulièrement pour leur dévouement. L'aide de Diana Callaghan s'est avérée inestimable pour les tâches essentielles que sont la compilation et la vérification des renseignements, les contacts avec les chercheurs, la coordination de la traduction et de nombreux détails administratifs. Geoff Hart s'est pour sa part chargé de corriger le manuscrit anglais et a réalisé un travail hors pair en donnant au texte son aspect définitif ainsi qu'en formulant d'innombrables suggestions de valeur.

Le document a été traduit en français par le Service des langues officielles du Secrétariat d'État. La révision technique de la traduction a été confiée à André Lavallée, de Forêts Canada, à Ottawa. Pierrette Valade de Sault Ste. Marie a corrigé les épreuves.

Je désire encore remercier le co-président du Comité de gestion de l'ECOMVRF, M. C.H. Winget de Forêts Canada (région de l'Ontario) et J.F. Goodman du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario pour leur appui indéfectible, ainsi que J.J. Farrell , P.A. Addison et G.D. Huntley, de Forêts Canada (région de l'Ontario) pour leurs encouragements tout au long du projet.

—— J.B. Scarratt

Cette publication a été réalisée grâce aux fonds de l'Entente Canada–Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT–PROPOS vii

INTRODUCTION ix

DESCRIPTIONS DES PROJETS

- Sylviculture et Aménagement Forestier 3
- Relations Écologiques 35
- Relations Physiologiques 51
- Amélioration des Arbres et Génétique 65
- Feux de Forêt et Brûlage Dirigé 75
- Gestion des Ravageurs Forestiers 87
- Gestion des Maladies Forestières 95
- Transfert de la Technologie 105

ANNEXES

- Noms communs et noms scientifiques 113
- Ouvrages de référence 115
- Index des mots–clés 119

Photo de couverture: L'automne dans la forêt boréale du nord de l'Ontario (J. Scarratt).

AVANT–PROPOS

Au début des années 1980, le Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement (CCMRE), qui comprend des représentants du gouvernement fédéral et de toutes les provinces, reconnaissait qu'il fallait de toute urgence constituer une réserve de bois commercial économique et accessible. Afin d'y arriver, le CCMRE a retenu pour objectif national la récolte de 210 millions de m^3 de bois d'ici l'an 2000, soit une hausse de production approximative de 40 p. 100. Cette décision a été le point de départ d'une séquence d'événements dont l'aboutissement a été l'implantation du plus vaste programme de reconstitution des forêts jamais entrepris au Canada.

Diverses activités avaient néanmoins déjà été entreprises antérieurement, dans la même optique, et ont contribué à la prise de cette décision historique. Ainsi, en 1978, le Service canadien des forêts (aujourd'hui Forêts Canada) avait demandé à F.L.C. Reed and Associates Ltd. (de Vancouver) d'effectuer une étude sur l'approvisionnement de bois et l'aménagement forestier dans les provinces. Le rapport subséquent, intitulé *Forest Management in Canada* (Reed et collab. 1978), comprenait des recommandations dont le but était de cerner les contraintes techniques, économiques et institutionnelles susceptibles d'être aplanies à l'échelon national.

En 1981, le Service canadien des forêts dévoila l'ébauche d'une stratégie intitulée *Stratégie forestière du Canada* (Anon. 1981) qui devait aider le gouvernement fédéral à accentuer son rôle en foresterie et le rendre plus apparent durant le reste de la décennie. Cette stratégie prévoyait trois interventions majeures :

1. soutien de la formation professionnelle en foresterie;
2. intensification des travaux de recherche et de développement thématiques en foresterie;
3. engagement déterminant en vue d'accroître les réserves de bois nationales par la reconstitution des forêts.

Les deux premières interventions sont relativement passées inaperçues à l'échelon national, du fait qu'elles ne touchaient généralement que le Service canadien des forêts. La troisième cependant a débouché sur la négociation et la ratification de 10 ententes fédérales–provinciales en foresterie d'une valeur globale de 1,1 milliard de dollars, la partie absorbée par le gouvernement fédéral se chiffrant à 577,0 millions (52 %). Conséquence directe de cet investissement, les programmes de reboisement ont franchi le cap des 800 millions d'arbres par année pour l'ensemble du pays.

Parallèlement à cette activité d'envergure nationale, le gouvernement fédéral et le gouvernement de l'Ontario ont mis en oeuvre une entente auxiliaire sur la gestion forestière de 82 millions de dollars (1978–1984) dont l'objectif principal consistait à améliorer l'infrastructure du programme ontarien d'aménagement forestier. Deux grandes réalisations à ce titre ont été la forte expansion du réseau de chemins forestiers et l'amélioration de la capacité des pépinières provinciales. Grâce aux améliorations apportées à l'infrastructure et à l'expansion des accords d'exploitation conclus entre la province et les entreprises forestières, le programme ontarien d'aménagement forestier était sur le point d'entrer dans une période de croissance capitale.

Guidés par la stratégie nationale en foresterie et la politique provinciale en matière d'aménagement forestier (Anon. 1972), le Service canadien des forêts et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario convinrent en 1984 d'absorber chacun la moitié des 150,0 millions de dollars (1984–1989) prévus par l'Entente Canada-Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières (ECOMVRF). Tirant parti de la base mise en place par l'entente auxiliaire, la nouvelle entente fut principalement consacrée à la reconstitution des forêts. Les programmes instaurés étaient spécifiquement conçus pour :

- favoriser un approvisionnement durable de bois;
- accroître l'utilisation des ressources forestières;
- encourager le développement économique.

Le nord de l'Ontario a obtenu la part du lion de l'ECOMVRF, en reconnaissance du fait que son économie repose sur l'exploitation des ressources naturelles, notamment les industries basées sur un usage commercial et non commercial de la forêt. Les habitants de plus de 30 communautés du nord de l'Ontario qui vivent de la forêt ont bénéficié directement ou indirectement des activités connexes à l'Entente de différentes manières, par exemple grâce aux biens et aux services fournis aux sous–traitants de l'industrie sylvicole, à la main–d'oeuvre requise pour l'intensification des activités forestières, à la croissance de semis de grande valeur, à la construction de voies d'accès ou à un avenir plus sûr pour la communauté, à long terme, attribuable à une exploitation judicieuse des forêts.

Une évaluation récente de l'ECOMVRF a révélé que les principaux objectifs sylvicoles cernés en 1984 avaient été réalisés et dans certains cas, dépassés. Durant sa période d'application, l'Entente a permis au programme ontarien d'aménagement forestier de croître de 15 p. 100 et au programme de plantation de passer à plus de 160 millions d'arbres par année. Au cours de la même période, la superficie annuellement reboisée a augmenté de plus de 26 000 hectares. La contribution de l'ECOMVRF aux efforts de régénération s'est traduite par l'entretien de plus de 60 000 hectares de nouvelles plantations ou de peuplements d'essences à bois dur d'âge inégal.

Même si plus de 80 p. 100 des fonds de l'Entente visaient la reconstitution des forêts, un large éventail de projets analogues en foresterie ont bénéficié d'un soutien financier, ce qui a donné un programme d'aménagement forestier mieux équilibré. Ces projets comprenaient l'élargissement du programme de brûlage à l'ensemble de la province, une forte intensification du programme de coopération entre le "Tree Improvement Council" de l'Ontario et l'industrie forestière, l'élaboration d'un nouveau système de classification des écosystèmes forestiers pour le nord–ouest de l'Ontario, des études relatives aux incidences de l'exploitation forestière sur la faune, des recherches sur un usage accru du mélèze, l'établissement de programmes éducatifs en foresterie pour l'école primaire et secondaire ainsi qu'une longue liste de projets dans une foule de disciplines connexes.

On avait reconnu dès le départ que pour réaliser les objectifs de production fixés par le CCMRE et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario ainsi que pour respecter les visées de la stratégie nationale, il faudrait implanter un programme de recherche et de développement efficace et bien coordonné. On avait donc réservé 6,5 millions de dollars pour "la recherche, le développement et les applications en foresterie". Sur cette somme, 4,5 millions de dollars sont venus de Forêts Canada (région de l'Ontario) pour les projets entrepris en sous–traitance; ce sont les projets financés par le gouvernement fédéral dans le cadre de ce volet du programme qui font l'objet du présent compendium.

La collectivité scientifique épaule l'industrie forestière de l'Ontario dans le défi que celle–ci a dû relever, à savoir préserver sa position concurrentielle sur le marché international de même que prévoir les attentes du public et les problèmes environnementaux et y répondre de la manière appropriée. Les projets décrits plus loin ont bénéficié de l'appui du gouvernement canadien et de celui de l'Ontario et occupent une place importante dans les efforts déployés en vue de parvenir à un développement durable, bien équilibré, des ressources forestières. Les fonds de l'ECOMVRF ont clairement permis l'aboutissement de maintes recherches utiles et pertinentes pendant la durée de l'Entente – des recherches qui feront sans aucun doute progresser l'aménagement forestier en Ontario au cours des années à venir et méritent donc d'être connues. Puisque le secteur forestier et la population en général doivent être tenus au courant des résultats des recherches parrainées par l'ECOMVRF, on ne peut que féliciter John Scarratt pour ses intentions et les efforts constants qu'il a déployés afin de faire passer le présent compendium du rêve à la réalité.

J.J. Farrell
Directeur, Développement forestier
Forêts Canada, région de l'Ontario
Novembre 1989

INTRODUCTION

L'objet du présent compendium est se servir à la fois d'abrégé et de guide pour les 48 projets de recherche et de développement financés par le gouvernement fédéral dans le cadre du volet recherche, développement et applications de l'Entente Canada–Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières. Les projets en question touchent des sujets très variés et ont principalement été entrepris par des sous–traitants, sous la surveillance de Forêts Canada (région de l'Ontario). Ils sont financés unilatéralement par le gouvernement canadien et témoignent de l'engagement constant du gouvernement fédéral en ce qui concerne la recherche en foresterie. L'introduction qui suit replace le sous–programme dans le contexte adéquat et donnera au lecteur un meilleur aperçu du cadre dans lequel s'insèrent les projets.

La forêt est l'une des richesses naturelles les plus précieuses du Canada. Avec les industries qui en dépendent, elle contribue sensiblement au bien–être social et économique du Canada et de sa population. L'importance que les deux paliers du gouvernement attachent à une saine exploitation, reconstitution et protection des forêts transparaît dans les diverses ententes fédérales–provinciales en foresterie négociées au cours de la dernière décennie et adaptées aux besoins particuliers de chaque province.

L'Entente Canada–Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières (ECOMVRF) se concentre principalement sur l'amélioration et l'expansion des activités qui ont trait à la reconstitution et à l'aménagement intensif des forêts, conformément aux objectifs énoncés dans la stratégie fédérale *A Framework for Forest Renewal* (Anon. 1982) et la stratégie provinciale *Forest Production Policy* (Anon. 1972). Dans cette optique, le gouvernement du Canada et celui de l'Ontario ont financé à parts égales un programme de cinq ans (1984–1989) de 150 millions de dollars dont les objectifs étaient d'accroître l'approvisionnement à long terme de bois, d'améliorer la compétitivité de l'industrie forestière et de favoriser le développement économique de la foresterie en Ontario. Les activités poursuivies dans le cadre de l'Entente se sont ajoutées aux programmes existants et avaient dans une large mesure été conçues pour encourager une intensification de la sylviculture dans le secteur privé.

Sous–programme de la recherche, du développement et des applications

En élaborant l'ECOMVRF, on avait admis qu'un programme de recherche et de développement bien équilibré aurait une importance cruciale pour la réalisation des objectifs de l'Entente. Des fonds suffisants ont donc été réservés pour le sous–programme 3.3 de l'Entente – recherche, développement et applications. Conformément à l'orientation de l'Entente, on a financé en priorité les projets de recherche et de développement dont le but ultime consistait à rendre l'aménagement forestier et le reboisement plus efficaces. D'emblée, on a mis l'accent sur le transfert de la technologie, lien crucial entre le théoricien et le praticien, compte tenu de la nécessité d'une dissémination et d'une application rapides des nouvelles connaissances ou techniques issues de la recherche et du développement.

En tout, les fonds injectés dans le volet recherche, développement et applications se sont chiffrés à 6,5 millions de dollars, dont 2,0 millions partagés entre le

gouvernement fédéral et la province. Le solde de 4,5 millions a été absorbé unilatéralement par le gouvernement du Canada et a servi à soutenir les projets de recherche entrepris par des sous–traitants sous la surveillance de Forêts Canada (région de l'Ontario).

Les fonds du sous–programme de recherche et de développement ont fait l'objet d'une vive demande. En effet, de nombreuses propositions intéressantes ont vu le jour dès qu'on a approché les établissements de recherche gouvernementaux et non gouvernementaux, les universités, les bureaux d'experts–conseils et le reste. Ainsi, environ 120 demandes de fonds ont été présentées et 58 ont fini par être approuvées. Dix des projets retenus, d'une valeur de 51 000 $ à 381 000 $, représentent la partie du sous–programme financée à moitié par la province. Il s'agissait surtout là de recherches "internes" entreprises par le personnel du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, à l'Institut ontarien de recherche forestière ou sur le terrain. Le soutien financier des 48 autres projets qui font l'objet du présent compendium a été entièrement pris en charge par le gouvernement fédéral dans le cadre du sous–programme.

Le mécanisme de sélection était le même pour les projets entièrement financés par le gouvernement fédéral et ceux dont les frais ont été partagés. Le Sous–comité de la recherche, du développement et des applications de l'ECOMVRF examinait d'abord chaque proposition pour voir si elle se conformait aux objectifs de l'Entente et pour en évaluer le mérite scientifique. Pour cela, ses membres ont couramment fait appel à des experts indépendants qui devaient analyser le projet. Après avoir pris une décision, le Sous–comité formulait une recommandation au Comité de gestion de l'ECOMVRF. Les fonds approuvés et le contrat rédigé, on désignait alors une personne qualifiée d'autorité scientifique, pour superviser le projet et servir d'agent de liaison entre le sous–traitant et l'organisme de contrôle. Les autorités scientifiques se résumaient habituellement à un employé de l'un ou l'autre organisme gouvernemental participant, détenant une certaine expertise dans le domaine de recherche pertinent. L'avancement des travaux était régulièrement contrôlé par le biais de rapports d'activités annuels ou plus fréquents et la majorité des projets ont fait l'objet d'au moins un examen officiel par le Sous–comité de la recherche, du développement et des applications.

Projets de recherche et de développement financés par le gouvernement fédéral

Ces 48 projets couvraient une gamme de sujets fort variés en biologie et en aménagement forestier; certains étaient de nature appliquée, mais d'autres touchaient davantage à la science pure. Bien que beaucoup de projets aient traité de questions de sylviculture pratique comme les facteurs qui influent sur l'efficacité des semis directs ou l'importance des zones tampon pour les pulvérisations aériennes d'herbicides, d'autres portaient sur des problèmes aussi disparates que l'amélioration des semences, la physiologie des semis, la télédétection, la modélisation de la régénération, les relations entre écosystèmes, la lutte contre le feu, la protection des forêts, les maladies dans les pépinières, l'amélioration génétique des arbres et la gestion intégrée des ressources.

Malgré la variété des sujets, les projets doivent être envisagés dans le contexte des recherches que poursuivent déjà les établissements gouvernementaux et les universités. Les projets parrainés par le gouvernement fédéral ne sont pas nécessairement nouveaux ou ponctuels mais, dans de nombreux cas, complètent les programmes scientifiques existants. Dans ce cas, les fonds de l'ECOMVRF ont permis aux chercheurs de combler des lacunes ou de pousser leurs incursions dans des directions prometteuses, ce qui a élargi notre bagage de connaissances ou permis la mise au point de techniques potentiellement utiles. Dans plusieurs autres cas, les projets portaient sur des travaux poursuivis dans le cadre des programmes de l'Entente à nature plus fonctionnelle. Ainsi, le projet 33022 (page 39) avait pour but de tester et de perfectionner le système de classification des écosystèmes forestiers élaboré pour le nord–ouest de l'Ontario dans le cadre du volet 2.1 du programme de soutien à l'aménagement forestier.

Aux fins du présent ouvrage, les projets sont regroupés en huit grands domaines, à savoir: la sylviculture et l'aménagement forestier, l'écologie, la physiologie, l'amélioration végétale et la génétique des arbres, les feux de forêt et le brûlage, le gestion des maladies forestières, le gestion des ravageurs forestiers et le transfert de la technologie. En règle générale, chaque résumé précise les objectifs du projet, l'approche retenue et les progrès réalisés. Il faut souligner que si l'ECOMVRF a pris fin le 31 mars 1989 et que de nombreux projets sont d'ores et déjà terminés, plus de

la moitié se poursuivent et continueront d'être financés au cours de la dernière phase de deux ans de l'Entente.

En moyenne, les fonds octroyés pour les projets financés par le gouvernement fédéral se chiffraient à 87 000 $. Toutefois, en partie en raison de la durée variable du projet (de un à cinq ans), la subvention a varié considérablement, soit de 6 817 $ à 219 565 $. Voici un estimé de la valeur totale des contrats, par grand domaine (nombre de projets entre parenthèses):

Sylviculture et aménagement forestier (16)	1 622 433$
Écologie (7)	303 376
Physiologie (6)	670 278
Amélioration végétale et génétique des arbres (5)	434 585
Feux et brûlage (5)	472 435
Gestion des maladies forestières (4)	403 674
Gestion des ravageurs forestiers (3)	194 908
Transfert de technologie (2)	198 683

(Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'administration du projet ni de certains frais de publication)

Il faudrait souligner que divers projets ont bénéficié d'un soutien direct des bureaux de district du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario ou des entreprises coopérantes, principalement sous forme d'aide sur le terrain ou d'apport de matériaux. Dans plusieurs cas, ceci a sensiblement réduit le coût des projets pour l'ECOMVRF. Cet esprit de coopération illustre bien le vif intérêt que beaucoup d'exploitants forestiers manifestent pour les objectifs des projets de recherche et de développement et les progrès réalisés.

Impacts et avantages

Les projets décrits ici sont habituellement de très haute gamme, tant sur le plan scientifique qu'en raison de leur incidence potentielle sur les pratiques en foresterie. Compte tenu des objectifs de l'Entente, on peut s'attendre à ce que tous les projets contribuent de façon sensible à étendre nos connaissances ou nos aptitudes en ce qui concerne l'aménagement intensif, la reconstitution et la protection des forêts. Plusieurs projets favoriseront également l'élaboration de stratégies qui déboucheront sur un meilleur usage de cette ressource, notamment sa gestion intégrée.

Même si les bénéficiaires probables des résultats expérimentaux demeurent des praticiens et des gestionnaires (par exemple, aménageurs, forestiers, pépiniéristes, responsables de la lutte contre les feux de forêts, spécialistes de la faune terrestre et aquatique), il serait naïf de croire que les projets auront tous une incidence immédiate sur les pratiques forestières en usage en Ontario. Les projets comme la création d'un système de classification des écosystèmes forestiers pour le nord–ouest de l'Ontario, le modèle décisionnel sur la régénération (page 25) et certains travaux sylvicoles trouveront une application sur–le–champ et de toute évidence leur effet se fera vite sentir sur l'aménagement forestier. Toutefois, dans d'autres cas, soit parce que le projet ne s'attaquait qu'à une partie du problème, soit parce que la recherche était davantage théorique, plus de temps s'écoulera avant qu'on en perçoive l'utilité et peut–être même faudra–t–il entreprendre d'autres travaux. Dans pareilles circonstances, on ne peut négliger le rôle du transfert de la technologie. En effet, le transfert de la technologie sert non seulement à communiquer les résultats utilisables et à encourager leur application, mais signale aux futurs utilisateurs l'existence, l'avancement et les avantages potentiels des travaux de recherche et de développement.

Le transfert de la technologie est exécuté de différentes façons dans le cadre des projets financés par le gouvernement fédéral : par l'entremise de rapports, de manuels et de guides d'interprétation, d'articles dans des périodiques scientifiques, de conférences, de séminaires et d'ateliers, de cours de formation et de moyens audiovisuels. La méthode retenue dépend beaucoup de la nature du travail et l'auditoire visé. Diffuser les résultats expérimentaux s'est avéré plus facile pour certains projets que pour d'autres et récemment, on a pris des mesures pour accélérer l'échange d'information entre chercheurs et utilisateurs, en l'absence d'autres mécanismes. Toutefois, étant donné la date de lancement et la durée variables des projets, la diffusion des résultats finals devra sans aucun doute se poursuivre activement après la conclusion des projets si l'on veut pleinement faire fructifier les fonds investis par l'ECOMVRF dans la recherche. Un des objectifs du présent compendium est de combler cette lacune et de résumer à l'intention des utilisateurs éventuels et de la collectivité scientifique ce qui a été réalisé dans le cadre des projets de recherche et de développement parrainés par l'ECOMVRF.

Bien que la recherche décrite ici ait été entreprise dans le but principal de perfectionner et de faire progresser l'aménagement forestier dans la province, le programme a eu d'importantes retombées secondaires

pour le soutien offert dont ont bénéficié les chercheurs qui n'appartiennent pas au gouvernement. En effet, sur les 4,5 millions de dollars injectés par le gouvernement fédéral, 2,0 millions (47 %) sont allés à des projets entrepris en sous-traitance par des sociétés d'experts-conseils ou des chercheurs privés. En outre, on a réservé 2,1 millions de dollars (47 %) aux recherches poursuivies dans les universités de l'Ontario. Outre l'utilité proprement dite de ces recherches, les fonds ont aidé les universités à financer de nouveaux programmes et à en maintenir d'autres, à acheter de l'équipement, à soutenir les étudiants de deuxième cycle et, par le biais des frais généraux afférents aux contrats (qui montaient souvent jusqu'à 65 %), à alléger les frais d'exploitation de l'université. Il s'agit là d'avantages parallèles qu'on ne peut négliger en évaluant la contribution de l'ECOMVRF.

Beaucoup de projets décrits dans le présent compendium devraient avoir des répercussions considérables sur les pratiques en foresterie. Toutefois, la dissémination et l'application des nouvelles connaissances et techniques demandent du temps et il faut parfois plusieurs années avant qu'apparaissent les avantages d'une recherche particulière. Les rapports rédigés jusqu'ici sont énumérés à la fin de chaque résumé et des mises à jour suivront. Le lecteur qui désire plus de renseignements sur un projet quelconque retrouvera les résultats publiés assez facilement par l'entremise des bibliothèques scientifiques ou obtiendra un exemplaire du rapport du chercheur. Par ailleurs, on pourra se procurer la plupart des rapports inédits comme les rapports provisoires et finals en écrivant à:

Services de communications,
Forêts Canada, région de l'Ontario,
C.P. 490
Sault-Sainte-Marie (Ontario) P6A 5M7

Téléphone : (705) 949-9461
FAX: (705) 759-5700

Dans le cas des rapports inédits, mentionner le titre complet du rapport et le numéro de référence du projet de l'ECOMVRF.

SYLVICULTURE ET AMENAGEMENT FORESTIER

Examen de la structure et du développement des peuplements dans des forêts de seconde venue d'épinettes noires.

Numéro de référence du projet: 33001

Chercheur/entrepreneur: Horton Forestry Services, Stouffville, Ontario

Responsable scientifique: A. Groot, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Examiner l'âge, les dimensions et la distribution spatiale des forêts de seconde venue d'épinettes noires du nord–est de l'Ontario.

2. Déterminer l'origine et examiner le développement des arbres que comprennent les forêts secondaires d'épinettes noires du nord–est de l'Ontario par le biais de l'analyse de tige..

DESCRIPTION:

L'exploitation à grande échelle des forêts d'épinettes noires du nord–est de l'Ontario a commencé il y a 70 ans. Même s'il était rare, à ce moment–là, qu'on prenne des mesures précises pour régénérer les forêts après la récolte, des forêts de seconde venue d'épinettes noires relativement denses se sont développées dans bien des secteurs de la région. Certains de ces peuplements ont plusieurs décennies. Il arrive souvent que la régénération préexistante de l'épinette noire soit déjà abondante dans les forêts de tourbière. De plus, certaines forêts de seconde venue semblent s'être développées principalement à partir de la régénération préexistante constituant le sous–étage au moment de la récolte. Malgré cela, la préservation de la régénération préexistante n'est pas une pratique bien acceptée et n'a guère été étudiée méthodiquement. Le projet a été réalisé pour déterminer si l'exploitation forestière soigneuse de la régénération préexistante peut constituer une stratégie de régénération appropriée à l'épinette noire des stations de tourbière des basses terres.

L'étude a été réalisée dans la section des terrains argileux septentrionaux (B.4) de la région forestière boréale (Rowe 1972) et a porté sur des peuplements naturels et de seconde venue dans 5 groupes opérationnels de la classification des écosystèmes forestiers de la ceinture

Régénération préexistante de l'épinette noire (A. Groot)

d'argile du nord–est de l'Ontario (Jones et collab. 1983), soit des stations de tourbière des basses terres. Au total, on a examiné 26 peuplements de seconde venue des environs d'Iroquois Falls (49° 00' N., 80° 30' O.) et de Kapuskasing (49° 30' N., 82° 20' O.) qui avaient tous fait l'objet d'une coupe pendant les années 20 et le début des années 30. Pour fin de comparaison, on a aussi examiné 14 peuplements naturels.

Les mesures (par exemple hauteur totale, diamètre, forme, âge, distribution et présence de carie) ont été prévues pour comparer les origines, la distribution spatiale de la productivité et la qualité des peuplements naturels et des peuplements de seconde venue. On a plus précisément cherché à comprendre l'apport de la régénération préexistante, des rémanents et des semis d'après–coupe au développement et à la composition des forêts étudiées. Aux mesures prises sur le terrain a été ajoutée l'analyse de tige d'arbres d'échantillonnage

abattus à l'aide du système informatique TRIM, fondé sur les cernes (Fayle et collab. 1983). Ce système sert à l'analyse exhaustive de l'augmentation de la hauteur, du diamètre et du volume de l'arbre pendant sa vie entière, et permet d'établir des rapports entre la hauteur et l'âge, le diamètre et l'âge, le diamètre et le volume, et d'autres relations ayant trait à la croissance.

PROGRÈS:

Les résultats indiquent que la plupart des arbres que comprennent actuellement les peuplements secondaires d'épinettes noires sont nés d'arbres de sous–étage d'âges divers laissés sur pied au cours de l'exploitation à l'aide de chevaux. Plus de 80 % des arbres actuels dépassant une hauteur d'homme faisaient déjà partie de la régénération préexistante au moment de la récolte. Ces arbres comptent pour plus de 90 % du volume du matériel sur pied.

La régénération préexistante d'épinette noire a donné lieu, de 5 à 10 ans après le dégagement par la récolte, à des peuplements de second venue de volume appréciable (de 124 à 211 m^3/ha, selon la station). Ce délai est relativement court. Les arbres de toutes les classes de hauteur ont réagi au dégagement produit par la coupe de l'étage dominant, mais leur croissance est inversement proportionnelle à leurs dimensions, les arbres les plus petits ayant eu la croissance la plus forte. Une forte proportion des peuplements ainsi établis étaient inéquiennes, alors que seule la moitié des peuplements naturels étudiés étaient inéquiennes. La forme de tige et la distribution spatiale des arbres d'échantillonnage (essentiellement au hasard) des peuplements de seconde venue ressemblaient à ceux des peuplements naturels, et les peuplements des deux types avaient une faible fréquence de pourritures. Toutefois, les peuplements de seconde venue avaient, en général, une proportion plus élevée de petites tiges que les peuplements naturels.

Vu la capacité qu'a l'épinette noire de survivre pendant de longues périodes sous domination, la perturbation de l'étage dominant peut dégager une régénération préexistante dont l'âge varie considérablement, ce qui fait que les arbres du peuplement secondaire sont d'âges divers. Cela porte à croire que certains peuplements d'épinettes noires de tourbière des basses terres pourraient être aménagés en tant que forêts inéquiennes. Toutefois, l'exploitation de tels peuplements à l'aide des engins mécaniques modernes de récolte du bois de pâte s'effectue normalement selon la méthode de la coupe rase. Le projet a indiqué que, si elle est abondante sur des stations de tourbière, la régénération préexistante d'épinette noire peut réagir favorablement à l'enlèvement de l'étage dominant et former des peuplements de seconde venue productifs. La conservation de la régénération préexistante pourrait être particulièrement utile aux fins du reboisement des stations les moins accessibles. Il s'agit de savoir si les techniques de récolte modernes peuvent être modifiées afin d'assurer cette conservation dans la même mesure que les méthodes antérieures l'assuraient, afin qu'on puisse profiter de cette possibilité de repeuplement "gratuit".

Date d'achèvement: le 31 mars 1988

RAPPORTS:

Horton, B.J. et Groot, A. 1987. Development of second–growth black spruce stands on peatlands in northeastern Ontario. Rapport classé. 30 p.

Horton, B.J. et Groot, A. 1988. Age and size structure of natural and second–growth black spruce peatland stands in northeastern Ontario. Rapport classé. 25 p.

MOTS–CLÉS:

aménagement forestier, classification des écosystèmes forestières, distribution spatiale, dynamique de peuplement, écologie forestière, épinette noire, forêt de seconde venue, marcottage, régénération naturelle, régénération préexistante, structure de peuplement, système TRIM, tourbières

Semis direct d'épinettes noires sur des stations des plateaux du nord–ouest de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33006
Chercheur/entrepreneur: Matcam Forestry Consultants Inc., Sault Ste. Marie, Ontario
Responsable scientifique: R.L. Fleming, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Examiner l'opportunité de différents lits de germination et types de microsites aux fins de la germination, de la croissance et de la survie de l'épinette noire sur un éventail de stations des plateaux.

2. Déterminer, grâce à une série d'expériences comparatives réalisées sur le terrain, les moments, les taux et le nombre des semis par aéronef qui sont nécessaires au reboisement des stations des plateaux, après scarification et établissement de différentes quantités et distributions de lits de germination favorables.

Ensemencement aérien de l'épinette noire (R. Fleming)

DESCRIPTION:

La régénération des forêts d'épinettes noires des plateaux après la récolte pose un problème. Il est rare qu'il y ait régénération naturelle, à partir de semences ou de la régénération préexistante, après la coupe. Il faut d'ordinaire procéder à un traitement afin de voir à ce que les bûchés redeviennent productifs. Bien des bûchés pourraient faire l'objet d'un plantage, mais cela est très coûteux et n'est pas toujours fiable. Le semis direct a un grand potentiel en tant que solution de rechange économique au plantage, particulièrement dans le cas des grandes stations de productivité moyenne. Toutefois, l'ensemencement direct ne permet pas, en général, de produire des peuplements à matériel relatif suffisant, et on a cessé de le pratiquer dans bien des régions en attendant que les conditions écologiques nécessaires à l'implantation efficace des semis soient éclaircies. La recherche a révélé que l'insuffisance de la préparation du site et l'inopportunité des régimes d'ensemencement sont deux des plus importants facteurs limitatifs de l'implantation de l'épinette noire semée sur les stations des plateaux.

On a réalisé des expériences en vertu d'une entente forestière antérieure (projet numéro 585027 réalisé dans le cadre de l'Entente auxiliaire canado–ontarienne sur l'aménagement forestier) afin de mieux connaître les mesures de préparation du site à prendre pour établir efficacement des lits de germination dans le limon sablonneux des plateaux du nord–ouest de l'Ontario et de déterminer les conditions optimales du lit de germination ou du microsite et les taux d'ensemencement optimaux pour assurer une régénération satisfaisante de l'épinette noire. Les expériences ont toutes été menées dans le district de Thunder Bay, selon 2 méthodes principales. La première consistait à étudier la germination, la survie et le développement des semis dans des placeaux ensemencés à la main à l'intérieur de lits de germination de types précis. De plus, on a étudié le changement, en fonction du temps, de l'état et de la réceptivité des lits. La deuxième méthode consistait à établir des quadrats d'évaluation semi–permanents sur différentes stations scarifiées et ensemencées par

aéronef à 1 de 4 taux (0, 50 000, 100 000 et 150 000 graines/ha). Dans chaque quadrat, on a évalué le type de lit de germination, l'état de la végétation ainsi que le matériel relatif, la densité, la survie et la croissance des semis au cours de la première, de la deuxième, de la troisième, de la cinquième et de la septième années après l'ensemencement.

Grâce à une étude supplémentaire, on a tenté de déterminer la valeur des rémanents portant des cônes aux fins de la régénération des stations d'épinettes noires des plateaux. Les travaux de récolte de cônes, d'extraction de graines et d'essai de germination accomplis dans le cadre de cette étude ont permis d'obtenir de l'information sur le délai pendant lequel des graines viables sont dégagées et sur la quantité de ces graines.

PROGRÈS:

Ce projet a permis de consacrer du personnel et de l'équipement au volet d'évaluation et d'acquisition de données du programme en cours de Forêts Canada décrit plus haut. L'entrepreneur a réalisé des évaluations annuelles d'environ 7 500 placeaux et 3 500 quadrats, a introduit les données acquises à des fichiers informatiques et a procédé à des synthèses et des analyses préliminaires des données. De plus, il s'est chargé du maintien et de l'entretien de toutes les expériences; il a aussi pris des mesures de cône, extrait des graines et réalisé des essais de germination aux fins de l'étude des cônes.

La responsabilité de l'analyse finale, de l'interprétation et de la publication des résultats de ce projet incombe au responable scientifique. L'étude préliminaire des données fait voir la grande importance de l'humidité disponible pour l'ensemencement direct de l'épinette noire sur les plateaux. Les taux d'établissement des semis s'amélioraient à mesure qu'augmentait le régime d'humidité du site; les lits de germination qui laissaient voir l'interface minéral sol–humus ont donné les meilleurs résultats. Une bonne préparation du site revêt une importance primordiale; pour un ensemencement aérien elle devrait permettre une distribution égale des types appropriés de lit de germination sur toute la superficie à l'étude. Bien que cette augmentation du taux d'ensemencement améliore habituellement les taux d'établissement et les niveaux de matériel relatif, des taux plus élevés d'ensemencement ne peuvent compenser une préparation du site qui n'est pas adéquate. L'ensemencement au cours de l'année qui a suivi la scarification a produit généralement les meilleurs résultats, car la réceptivité du lit de germination tendait à s'affaiblir avec l'âge du lit de germination.

Les données tirées des expériences en lit de germination ou microsite serviront à établir un classement quantitatif des types de lits de germination des plateaux selon qu'ils sont optimaux, satisfaisants ou insatisfaisants. On établira une corrélation entre les résultats du projet et les données sur la distribution des lits de germination des stations scarifiées afin de déterminer les rapports entre le taux d'ensemencement et la distribution des lits de germination. La comparaison des résultats des expériences sur les lits de germination et sur l'ensemencement aérien indiquera la probabilité de succès de régénération sur différentes stations, d'après différentes combinaisons d'exposition des lits ainsi que les moments, le taux et le nombre des ensemencements aériens. On projette de rédiger deux rapports: (1) un guide de scarification fondé sur les rapports entre le lit de germination, le microsite et le type de station, et (2) un rapport sur l'ensemencement aérien mettant l'accent sur les relations entre les méthodes de semis et la disponibilité des lits de germination.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Anon. 1985, 1987 et 1988. Rapport de l'entrepreneur: Black spruce seeding assessment on upland sites in NW Ontario. Matcam Forestry Consultants Inc. File Reps. 2 p. + app., 3 p. + app. et 6 p., respectivement.

Anon. 1989. Rapport final de l'entrepreneur: Direct seeding of black spruce on upland sites in Northwestern Ontario. Matcam Forestry Consultants Inc. Rapport classé. 8 p. + annexes.

Mossa, D. et Fleming, R.L. 1989. Ensemencement direct de l'épinette noire sur les plateaux. p. 18 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

compétition de la végétation, croissance des semis, ensemencement aérien, épinette noire, germination, lit de germination, microsite, préparation du site, régénération artificielle, semis direct, survie des semis, tests des graines

Effets du compactage du sol sur les chances de réussite de l'ensemencement direct du pin gris et de l'épinette noire dans le nord–ouest de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33010

Chercheur/entrepreneur: KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ontario

Responsable scientifique: V.F. Haavisto, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Déterminer les effets du compactage du lit de semences avant et après les semis sur l'émergence des germinants de pin gris et d'épinette noire dans différents sites de la forêt boréale.

DESCRIPTION:

L'ensemencement direct constitue une technique de régénération artificielle peu coûteuse, qui n'est toutefois pas sans problèmes. Ainsi, en dépit de taux de réussite acceptables pour le pin gris, le degré de germination variable occasionne souvent des problèmes au niveau de la densité des semis et du peuplement. Par ailleurs, l'ensemencement direct de l'épinette noire n'a jamais donné de résultats constants. Néanmoins, l'accroissement des coûts de plantage au cours des dernières années a fait renaître l'intérêt pour l'ensemencement direct comme solution de régénération peu coûteuse pour les sites inaccessibles ou secondaires.

Pour éviter les problèmes de densité causés par l'ensemencement à la volée, on a parfois recours à l'ensemencement localisé, fait à la main ou à la machine. À titre d'exemple, le cultivateur Bräcke muni d'un semoir forme de petites buttes dégazonnées à intervalles fixes et libère les semences en une seule opération. Dans le nord–ouest de l'Ontario, on a réussi à obtenir un bon taux de germination du pin gris, semé au printemps à raison de 15 semences par butte dégazonnée pratiquée avec l'appareil Bräcke; cependant, d'autres rapports font état de résultats moins concluants. Dans le cas de l'épinette noire, toutefois, l'ensemencement direct, même à des taux plus élevés, n'a jamais donné de résultats encourageants.

Le projet vise à déterminer si le compactage du lit de germination contribue à améliorer le taux de réussite de l'ensemencement direct et à réduire les besoins en

Appareil du buttage Bräcke (B.C. Min. For.)

semences. Selon des observations antérieures (Van Damme 1984), le compactage des sites de buttage de l'appareil Bräcke après les semis a permis d'améliorer le taux de germination et l'implantation des semis, en raison, croit–on, du meilleur contact entre le sol et les semences et de la réduction des risques de pertes de semences pouvant être causées par l'érosion du sol ou l'enfouissement.

Dans le cadre de la présente recherche, l'épinette noire et le pin gris ont été semés à la main, à raison de 5 semences viables par butte dégazonnée préparée à l'aide d'un cultivateur Bräcke, sur 3 sites situés respectivement à environ 40 km au nord–est, 250 km à l'ouest et 350 km au nord–ouest de Thunder Bay (Ontario). Les sites, abritant principalement des peuplements mélangés constitués essentiellement de pins gris et d'épinettes noires, ont été récoltés en 1985 et en 1986 et préparés en mai 1986. La texture du sol variait d'un site à l'autre, d'un sable grossier à un limon profond; le degré de rétention d'eau variait lui aussi selon le site.

À l'intérieur de chaque bloc, différents traitements ont été pratiqués sur le lit de germination: témoin (aucun compactage à la surface des buttes dégazonnées),

compactage avant ou après les semis, à l'aide d'une pièce de bois munie d'une surface plane ou pyramidale inversée. Dans ce dernier cas, les dépressions pyramidales pratiquées dans le lit de germination donnaient l'effet d'une surface striée. Les semis ont été effectués à 4 reprises, soit à la mi–mai, au début de juin, à la fin de juin et à la fin de juillet 1986. Le taux de germination des semis a été déterminé à la fin de la première (1986) et de la deuxième (1987) saison de croissance.

PROGRÈS:

Les résultats pour le pin gris sont encourageants. Ainsi, à un taux d'ensemencement de 5 graines par butte dégazonnée, la proportion de surface occupée à la fin de la première saison de croissance variait de 50 à 70 %, suivant le type de sol, les meilleurs résultats étant obtenus sur le site humide. À la fin de la deuxième saison, la proportion de surface occupée avait toutefois diminué à 50 % sur le site humide mais avait augmenté à 66 % sur le site le plus sec. Cependant, comme les placettes n'ont été évaluées qu'à la fin de chaque saison de croissance, ces chiffres pourraient en fait sous–estimer le pourcentage de germination total; ainsi, il est possible qu'il y ait eu germination mais que le plant soit mort avant l'évaluation faite à l'automne. Les résultats semblent indiquer par ailleurs que les semences cessent d'être viables après la première saison de croissance dans les sites plus humides. De même, le taux d'ensemencement naturel du pin gris dans les sites humides n'a pas semblé non plus aussi élevé que dans les sites plus secs, peut–être en raison du fait que le pourcentage d'ouverture des cônes n'y a pas été aussi élevé.

Le compactage du lit de germination a permis d'accroître le pourcentage de germination de 47 à 62 %; il n'y a eu toutefois aucune différence significative, que le traitement ait été effectué avant ou après les semis. Par ailleurs, l'utilisation d'une surface pyramidale a donné des résultats légèrement meilleurs que le tassement à l'aide d'une surface plane, probablement à cause des dépressions pyramidales qui ont procuré certains avantages au niveau des micromilieux.

La date des semis a eu un effet très significatif sur le taux de réussite. Ainsi, les semis effectués plus tôt sont ceux qui dans l'ensemble ont donné les meilleurs résultats à la fin de la première saison, supériorité qui s'est maintenue jusqu'à la fin de la deuxième saison.

Les résultats pour l'épinette noire indiquent clairement que cette essence a besoin d'un apport continu en eau pour assurer l'implantation des semis. En raison des faibles taux de germination et de survie précoce aux deux sites les plus secs, les données sur ces parcelles n'ont pas été incluses dans l'analyse finale. Sur le site humide, dont le sol avait une forte teneur en matière organique, le pourcentage de germination dans la parcelle–témoin a été de 52 % à la fin de la première année. Le compactage du lit de germination n'a eu, semble–t–il aucun effet bénéfique sur ce site, le taux de germination variant dans ces cas de 44 à 54 %. Pour tous les traitements, ce pourcentage a diminué de façon significative (baisse de 30 à 50 %) à la fin de la deuxième saison.

En raison des coûts élevés de plantage, il est probable que l'ensemencement direct devienne de plus en plus utilisé dans l'avenir. Les résultats de cette étude révèlent que le site, le type de sol et la date d'ensemencement peuvent influer de façon significative sur le taux de réussite des semis localisés. L'implantation de l'épinette noire par ensemencement direct pourrait toutefois s'avérer difficile dans les sols minéraux, compte tenu du fait que les jeunes plants ne peuvent résister aux conditions extrêmes dans les microclimats en surface et dans le sol, dans les sites exposés coupés à blanc. Chez le pin gris, toutefois, le compactage du lit de germination semble améliorer le taux de réussite de l'ensemencement direct. Le tassement du sol pourrait également permettre de prolonger la saison d'ensemencement du pin gris. Il semble donc justifié de travailler à la mise au point de dispositifs de compactage pouvant être fixés aux semoirs mécaniques.

Date d'achèvement: le 30 septembre 1989

RAPPORTS:

Van Damme, L.W. 1989. Le tassement localisé du sol accroît les chances de succès des ensemencements directs de pin gris. p. 17 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Van Damme, L.W., Buse, L. et Warrington, S. 1989. Final report: The effect of microsite compaction on direct seeding success of jack pine and black spruce in northwestern Ontario. Rapport classé. 36 p.

MOTS–CLÉS:

compactage du lit de germination, compactage du sol, date d'ensemencement, ensemencement direct, épinette noire, germination, lit de germination, pin gris, placette d'ensemencement, préparation du site, régénération artificielle, semis de Bräcke, survie des semis

Techniques sylvicoles post–récolte destinées à améliorer les pins blancs et les chênes rouges des forêts en sol peu profond du centre de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33012

Chercheur/entrepreneur: A.M. Gordon, département de biologie environnementale, University of Guelph, Guelph, Ontario

Responsable scientifique: H.W. Anderson, Institut de recherche sylvicole de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIF:

Étudier l'utilisation de coupes progressives de régénération et du plantage en sous–étage jumelés à (a) un traitement à l'herbicide (glyphosate) ou (b) un brûlage dirigé afin de maintenir ou d'enrichir les pins blancs et les chênes rouges des forêts en sol peu profond du centre de l'Ontario.

Exploitation avec chevaux avant la plantation en sous-étage (A. Gordon)

DESCRIPTION:

Dans la région de Bracebridge, dans le centre de l'Ontario, de vastes terres à sol de loam sableux sur un substrat rocheux de granite portent des forêts de feuillus de faible qualité comprenant des essences telles que l'ostryer de Virginie, le frêne blanc, l'érable à sucre, l'hêtre à grandes feuilles et le chêne rouge. Celui–ci est d'ordinaire l'essence la plus précieuse de ces forêts. Une grande partie des sites à sol peu profond portent des forêts mixtes composées de bouleau jaune, d'érable à sucre, de peuplier à grandes dents, de chêne rouge, de pin blanc et d'épinette blanche.

Bien qu'on en tienne compte dans le calcul de la possibilité réalisable annuelle, on n'exploite pas les forêts en question à grande échelle, à cause des difficultés associées à leur régénération. La préparation du site par scarification pose des problèmes en raison de la faible épaisseur des sols, et la concurrence par les espèces indésirables après la récolte peut nuire à la régénération.

Les meilleurs résultats de plantage de pins blancs ont été obtenus dans des situations où le taillis de pin est à l'ombre par suite de coupes progressives ou en raison du caractère mixte de la forêt. Le pin blanc est très sujet à l'endommagement par les charançons, particulièrement s'il pousse à decouvert. Or, l'ombre favorise la production de pousses apicales minces, ce qui décourage l'infestation par les charançons. Le plantage en sous–étage permet, lui aussi, l'implantation du chêne rouge (Johnson 1984). Toutefois, la réimplantation des deux essences dépend, dans bien des cas, de la répression de la concurrence végétale, par le brûlage (Methven 1971, Nylan et collab. 1983) ou à l'aide d'herbicides.

Le projet est destiné à étudier la conjugaison de coupes progressives et du recours au brûlage ou aux herbicides pour régénérer le pin blanc et le chêne rouge planté en sous–étage sur des sites à sol peu profond dans le district de Bracebridge. Certaines expériences de plantage en sous–étages avaient été réalisées dans ce district, principalement sur des sols profonds, mais elles n'avaient pas toutes été fructueuses. On a supposé qu'une combinaison de traitements serait peut–être la clé de la régénération en sol peu profond.

PROGRÈS:

L'érable à sucre de la zone expérimentale, située près de Bracebridge (Ontario) (écosite 6E de l'Ontario [Hills 1959]) avait été débardé avec des chevaux pendant l'hiver de 1985, ce qui laissait environ 60 % de l'étage dominant initial et une surface terrière restante d'environ 13,8 m^2/ha (60 pi^2/acre). Le peuplement initial comprenait des érables à sucre de faible qualité et des frênes rouges clairsemés en sous–étage.

On a planté du pin blanc et du chêne rouge dans le sous–étage du peuplement résiduel pendant le printemps de 1986. L'expérience principale a consisté à essayer toutes les combinaisons possibles de types de matériel de reproduction (chêne rouge 1 + 0 et 1 + 1 et pin blanc 2 + 1) et de traitements de répression de la concurrence végétale (brûlage dirigé, application d'herbicide ou groupe témoin), trois fois chacune. On a planté dans chaque cellule expérimentale 64 semis classés de chaque type de matériel de reproduction. L'herbicide (glyphosate) a été épandu au taux de 2,0 g/L de matière active autour de chaque arbre après le débourrement en 1986 et 1987, et de nouveau pendant l'été de 1987. Le brûlage dirigé a été réalisé au cours du printemps de 1987. Il a permis de supprimer une forte proportion des érables indésirés. Les chênes et les pins plantés ont subi de graves dommages dans les secteurs brûlés, mais le chêne a refait vigoureusement des pousses. (Le plan d'expérience n'a pas permis de brûler des cellules individuelles: on a procédé à un brûlage par bandes sur le matériel traité de tous les types. On s'attendait à une forte mortalité de pins. Des pins ont été plantés de nouveau après le brûlage.) Pendant le printemps de 1988, la moitié des semis de chêne rouge de toutes les cellules traitées a été massicotée afin de favoriser la repousse.

Les semis de chêne assujettis au brûlage ont eu pour réaction initiale un accroissement de la hauteur supérieur aux semis témoins et à ceux qui avaient été traités à l'herbicide, la plupart des nouvelles pousses se formant sur le collet. Toutefois, ce phénomène a été temporaire. En 1988, la croissance des nouvelles pousses des semis brûlés était égale à celle des semis témoins de tous les types de matériel. Vu le dépérissement des semis brûlés, tous les semis avaient la même hauteur totale à la fin de 1988. L'utilisation du glyphosate, bien qu'elle ait permis une répression efficace de la concurrence végétale, a réduit l'accroissement de la hauteur du matériel des deux types traités, par rapport à celui des plants témoins. Par contre, le massicotage a stimulé un accroissement rapide de la hauteur de tous les plants traités, la croissance des pousses dépassant 0,7 m dans bien des cas.

Les résultats préliminaires indiquent que le plantage de chênes rouges et de pins blancs en sous–étage après des coupes progressives est une option sylvicole viable dans les peuplements d'érable à sucre de faible qualité qui se trouvent en sol peu profond. Le recours au brûlage et aux herbicides pour réprimer les espèces indésirables et le massicotage pour stimuler l'accroissement de la hauteur du chêne sont des traitements prometteurs, mais on ne pourra procéder à l'évaluation définitive qu'après avoir retiré l'étage dominant.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Cann, J.G. 1988. The use of ozalid paper light meters to determine light under a forest canopy. Thèse de baccalauréat en sciences forestières. École de foresterie, Lakehead University, Thunder Bay (Ontario). 26 p.

Cann, J.G., Gordon, A.M. et Williams, P.A. Prescribed burning to enhance growth of underplanted northern red oak seedlings after shelterwood cutting: effect of burn intensity. *Dans* Proceedings, Fourth Workshop on Seedling Physiology and Growth Problems in Oak Plantings. Columbus, Ohio, 1–2 mars, 1989. USDA For. Serv., St. Paul, Minn. (sous presse)

Gordon, A.M. 1988. Graded northern red oak planting stock: dimensions and outplanting performance. Tree Planter's Notes 39(4): 33–35.

Gordon, A.M. Post–harvesting silvicultural techniques to enhance the red oak component of shallow–site forests in central Ontario. *Dans* Proceedings, Fourth Workshop on Seedling Physiology and Growth Problems in Oak Plantings. Columbus, Ohio, 1–2 mars, 1989. USDA For. Serv., St. Paul, Minn. (sous presse)

Gordon, A.M. 1989. Techniques sylvicoles pour accroître la proportion de chênes rouges dans les forêts feuillues après la récolte. p. 26 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

brûlage dirigé, chêne rouge, concurrence végétale, croissance des semis, feu, glyphosate, herbicide, pin blanc, plantage, plantage en sous–étage, plants à racines nues, régénération artificielle, répression des espèces indésirées, survie des semis

Évaluation et analyse de croissance des pins gris et des épinettes noires sur des buttes Bräcke simulées.

Numéro de référence du projet: 33026

Chercheur/entrepreneur: KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ontario

Responsable scientifique: R.F. Sutton, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Acquérir des données sur la croissance et la survie de semis de pin gris et d'épinette noire pendant la cinquième année après leur plantage sur des microsites créés à l'aide d'un scarificateur Bräcke et sur des buttes Bräcke simulées dans la forêt boréale de l'Ontario.

2. Rédiger un rapport sommaire final sur toutes les données concernant la croissance et la survie acquises pendant les évaluations réalisées de 1980 à 1986.

Pin gris sur des buttes Bräcke simulées (R. Sutton)

DESCRIPTION:

En 1979, le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario a engagé, dans le cadre du projet numéro 585031 réalisé en vertu de l'Entente auxiliaire canado–ontarienne sur l'aménagement forestier (EAAF), une étude au sujet de la création de buttes de sol en tant que méthode de préparation du site en vue de l'établissement de plantations d'épinettes noires et de pins gris. Cette méthode était censée avoir pour avantages, notamment, d'accélérer la croissance initiale des racines en faisant augmenter la température du sol, d'améliorer l'aliment–ation en éléments nutritifs, l'équilibre air–eau des sols humides et les conditions d'éclairage, et de réduire la concurrence exercée par la végétation avoisinante (Sutton 1984).

De 1980 à 1982, on a planté au printemps des semis à racines nues d'épinette noire et de pin gris ($1^1/_2 + 1^1/_2$ et 2 + 0 années, respectivement) à différents endroits du nord de l'Ontario, dans le cadre d'une expérience destinée à évaluer le plantage sur butte Bräcke aux fins de l'implantation de ces essences dans des conditions boréales. On a étudié des microsites de plantage de 5 types: (1) non scarifié, (2) sur le flanc d'un déblai Bräcke normal, (3) au fond du déblai, (4) sur une butte de sol simulant une butte Bräcke et située sur le flanc de sol minéral du déblai Bräcke, et (5) sur une butte semblable située sur la couche composée principalement d'humus qui a été déblayée à l'aide du scarificateur Bräcke et renversée.

Les travaux accomplis sur le terrain aux fins de l'étude ont été impartis au chercheur. Le responsable scientifique s'est chargé de l'analyse statistique des données et de la présentation des résultats dans un rapport. On avait déjà obtenu des données sur le rendement pendant 5 saisons de croissance des plants repiqués sur le terrain en 1980 et en 1981 en vertu de l'EAAF. Le projet réalisé en vertu de l'ECOMVRF a permis d'acquérir les données finales de cinquième année sur les 8 plantations les plus jeunes (1982) et de rédiger un rapport sommaire final sur toutes les données ayant trait à l'étude de plantage sur butte.

PROGRÈS:

Pendant l'automne 1986, on a procédé à des mesures et à des évaluations de cinquième année sur les 8 plantations établies en 1982 à 4 endroits du nord de l'Ontario (White River, Thunder Bay, Ignace et Savant Lake). Les évaluations ont porté sur l'état morphologique et la survie, la hauteur totale, l'accroissement de la hauteur de la cinquième année, le diamètre du collet, le degré d'exposition des racines, le degré d'inclinaison de la tige et la classe de stabilité des arbres.

L'inscription de données selon la présentation indiquée sur les feuilles de données est le principal résultat du projet. De plus, l'entrepreneur a introduit les données sur toutes les plantations à des fichiers informatiques de Forêts Canada, Région de l'Ontario, produit des résumés statistiques et réalisé des analyses statistiques préliminaires sur les données. C'est le responsable scientifique qui est chargé de l'analyse définitive des résultats, de leur interprétation et de leur présentation dans un rapport.

En gros, les données (sur 11 plantations par essence) indiquent que la scarification jumelée à la création de buttes a fait augmenter la croissance des pins gris et des épinettes noires depuis le plantage jusqu'à la fin de la cinquième saison de croissance. Toutefois, la scarification sans création de buttes a donné des résultats considérablement inférieurs au plantage sur butte lorsque les semis étaient plantés sur le flanc du déblai. Le plantage sur butte n'a pas fait augmenter le taux de survie. Les dépenses supplémentaires que nécessite la création de buttes ne semblent pas justifiées.

Date d'achèvement: le 31 décembre 1987

RAPPORTS:

Sutton, R.F. 1983. Root growth capacity: relationship with field root growth and performance in outplanted jack pine and black spruce. p. 111–122 *dans* D. Atkinson, K.K.S. Batt, M.P. Coutts, P.A. Mason and D.J. Read (Ed.), Tree Root Systems and Their Mycorrhizas. Nijhoff/Junk, La Hague, Les Pays–Bas (Nederland).

Sutton, R.F. 1984. Mounding site preparation: evaluation of jack pine outplantings in a boreal Ontario study. p. 66–77 *dans* C.R. Smith et G. Brown (Co–chairmen), Jack Pine Symposium. Dep. de l'environ., Serv. can. for., Sault Ste. Marie, Ont. COJFRC Symposium Proceedings O–P–12.

Sutton, R.F. 1987. Root growth capacity and field performance of jack pine and black spruce in boreal stand establishment in Ontario. Can. J. For. Res. 17(8):794–804.

Sutton, R.F. et Weldon, T.P. 1989. Effets du buttage: Évaluation de plantations de pins gris et d'épinettes noires dans une région boréale de l'Ontario. Résultats après 5 ans. p. 21 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Van Damme, L. 1986. Report on data collection methods and field observations for the Ontario mounding trials, 1982 plantations. KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ont. Rapport classé. 8 p. + annexes.

MOTS–CLÉS:

création de buttes, croissance des semis, épinette noire, microsite, pin gris, plantage, plantage sur butte Bräcke, plants à racines nues, préparation du site, régénération artificielle, survie des semis

Effets du drainage forestier sur l'hydrologie des stations d'épinettes noires des marais et des basses terres.

Numéro de référence du projet: 33029

Chercheur/entrepreneur: G.J. Berry, Sault Ste. Marie, Ontario

Responsable scientifique: J.K. Jeglum, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Sainte Marie, Ontario

OBJECTIFS:

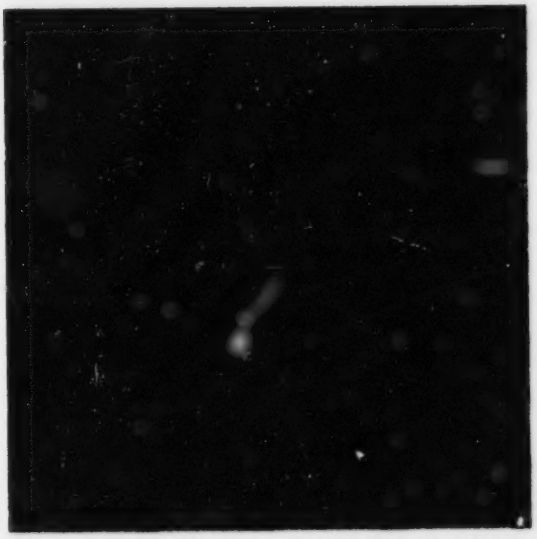
1. Déterminer les effets de l'assèchement des tourbières boisées et rasées sur le niveau de l'eau souterraine, les écoulements des cours d'eau et la composition chimique des eaux souterraines et de surface.

2. Déterminer les effets de la récolte sur le niveau de l'eau souterraine et les conditions chimiques des stations de tourbière non drainées.

DESCRIPTION:

Dans la ceinture d'argile de l'Ontario, où l'épinette noire intervient pour 50 % du bois commercialisable, les stations qui ont le plus de potentiel de croissance sont celles des tourbières les plus riches et celles qui ont un sol minéral humide. Ces stations sont d'une fertilité inhérente. Il ne suffit que de les drainer pour que l'accroissement de la forêt y devienne comparable à celui des meilleures stations de choix.

En 1984, le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et Forêts Canada, Région de l'Ontario, ont entrepris une étude du drainage dans un secteur de forêt d'épinettes noires des basses terres d'une superficie de 1 099 ha, à Wally Creek, situé à 26 km à l'est de Cochrane (Ontario). L'étude devait permettre de déterminer le coût et la faisabilité économique du drainage des tourbières, d'établir une documentation sur les réactions de croissance des arbres au drainage et à la fertilisation, et d'évaluer les incidences environnementales de différents éléments d'écosystème (Rosen 1986). Le projet de drainage forestier de la région de Wally Creek est devenu l'objet principal d'un grand programme de recherche inter–organismes sur le drainage des tourbières forestières, au sujet duquel J.K. Jeglum a préparé dernièrement un résumé (sous presse).



Section du projet de drainage dans la forêt Wally Creek (J. Jeglum)

Ce projet est une des études d'incidences environnementales réalisées dans le bassin versant de Wally Creek. Il est destiné à quantifier le bilan hydrique (apports, écoulements de sortie et emmagasinage d'eau) des stations drainées et non drainées ainsi que les effets du drainage sur la qualité de l'eau.

Dans 4 groupes opérationnels (GO) de la classification des écosystèmes forestiers applicable à la ceinture d'argile du nord–est de l'Ontario (Jones et collab. 1983) on a établi 489 puits artésiens sur des sites boisés et rasés qui étaient drainés grâce à des rigoles à différents espacements. Les niveaux d'eau ont été contrôlés de mai à octobre pour la période de 1986 à 1989. Pour cette même période, on a prélevé des échantillons d'eau de surface sur les sites boisés pendant la partie de l'année où le sol n'est pas gelé, afin d'en analyser les propriétés physiques (par exemple les concentrations de solides en suspension) et chimiques (par exemple les teneurs en

métaux à l'état de trace). En 1988, on a installé des lysimètres aspirants pour échantillonner les eaux souterraines de la zone racinaire.

On détermine les effets du drainage sur les écoulements des cours d'eau en comparant 2 bassins boisés drainés à 2 bassins boisés non drainés. De plus, on mesure l'interception de la pluie par le couvert forestier, qui influence, elle aussi, les écoulements.

On est en train d'étudier les répercussions de la récolte sur les conditions hydrologiques des tourbières non drainées, grâce à une grille de puits artésiens installés de part et d'autre de la limite entre des régions voisines, l'une boisée et l'autre rasée. Les limnographes indiquent en continu la fluctuation du niveau de la nappe phréatique. En outre, un bloc de forêt devant faire l'objet d'une coupe a été doté de puits artésiens et de lysimètres aspirants. Les données sur le niveau et la composition chimique de l'eau souterraine obtenues avant la récolte seront comparées à celles qui seront collectées après celle–ci, afin d'en évaluer les effets.

PROGRÈS:

Les résultats préliminaires indiquent que le drainage a fait augmenter la profondeur moyenne de la nappe phréatique de tous les GO, celle–ci variant de 1 à 48 cm. La profondeur de la nappe était inversement proportionnelle à la distance de la rigole, peu importe l'espacement des rigoles, bien que la profondeur moyenne de la nappe ait d'ordinaire diminué à toute distance à mesure que l'espacement entre les rigoles augmentait. Selon ces constatations, l'espacement optimal des rigoles semble être de 30 m dans le cas des stations humides, et de 60 m quant aux stations plus sèches.

Le drainage n'a pas influencé considérablement la quantité ou les régimes des écoulements des cours d'eau pendant la fonte des neiges. Toutefois, en période sans neige, le drainage a fait augmenter légèrement les écoulements et a accéléré la réaction aux précipitations.

Les données sur la composition chimique des eaux de surface indiquent peu de variation, d'année en année, tant du classement des sites de prélèvement que des teneurs. En général, les eaux des sites non drainés avaient les teneurs les plus faibles en ions dissous, les teneurs les plus élevées étant celles des sites où on a puisé les échantillons directement à la rigole de drainage. Dans les quelques cas de dépassement des teneurs prévues par les lignes directrices sur la qualité de l'eau, les échantillons des sites drainés et non drainés dépassaient les limites, ce qui témoigne de niveaux de fond naturels élevés. En général, le drainage n'a pas fait baisser de façon appréciable la qualité de l'eau en aval.

Au cours de l'expérience de récolte, la coupe rase semble voir eu peu d'effet sur le niveau de l'eau souterraine. Les relevés ont indiqué peu de différence de profondeur de la nappe, sinon aucune, entre les sites boisés et les sites rasés dans un rayon de 60 m de la limite de récolte. De plus, les sites des deux types ont réagi de façon semblable à l'irrigation et à l'assèchement.

L'information obtenue grâce au projet constitue une importante contribution apportée au volet hydrologique de l'évaluation des incidences environnementales qu'il faut réaliser avant que le drainage des tourbières boisées ne devienne une procédure d'exploitation.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Berry, G.J. 1989. Profils de la nappe phréatique et qualité des eaux de surface des tourbières à l'épinette noire drainées. p. 72 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Berry, G.J. Effects of forest drainage on surface water quality of black spruce peatlands. *Dans* Proc. Symposium '89: Peat and Peatlands, Ville de Quebec, 6–10 août, 1989. Can. Soc. Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia. (sous presse)

Berry, G.J. et Jeglum, J.K. 1988. Water table profiles of drained, forested and clearcut peatlands in Northern Ontario, Canada. Pages 72–79 *dans* Vol. 2: Proc. Symp. on the Hydrology of Wetlands in Temperate and Cold Regions, Joensuu, Finland, 6–8 juin, 1988. Académie de la Finland; Helsinki. Publ. 5/1988.

Bodley, C.L., Jeglum, J.K. et Berry, G.J. A probe for measuring depth to water surface in wells. Can. J. Soil Sci. 69: 683–687.

Pawson, G.A. 1989. Peatland drainage: influences on water quality and water tables. Ont. Min. Nat. Resour., Northern For. Devel. Gr., Timmins, Ont. On Line 5(1): 7–8.

MOTS–CLÉS:

classification des écosystèmes forestiers, drainage des tourbières, drainage forestier, eaux souterraines, écoulements des cours d'eau, épinette noire, hydrologie, qualité de l'eau, récolte, tourbières

Développement de mycorhizes sur des semis en contenants.

Numéro de référence du projet: 33002

Chercheur/entrepreneur: M.H.R. Browning, Sault Ste. Marie, Ontario

Responsable scientifique: R.D. Whitney, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Déterminer l'effet du site sur le taux de colonisation des semis en contenants par des champignons ecto-mycorhiziens.

2. Déterminer l'effet de l'inoculation à différents champignons ectomycorhiziens sur le développement de mycorhizes et la croissance des semis de pin gris et d'épinette noire.

3. Comparer les taux de survie et de croissance initiale de plants d'épinette noire et de pin gris en contenants mycorhiziens et non mycorhiziens dans des sols à forte et à faible teneurs en éléments nutritifs.

DESCRIPTION:

Il a été prouvé que les ectomycorhizes améliorent la tolérance à la sécheresse et le taux d'absorption de phosphore et de nitrate d'ammonium par les semis. Les systèmes racinaires des semis d'épinette et de pin en contenants cultivés intensivement en serre n'ont, d'ordinaire, pas d'ectomycorhize au moment où ils sont transplantés sur le terrain. Cela peut les désavantager sur certaines stations jusqu'à ce que leurs racines soient colonisées par des champignons ectomycorhiziens indigènes. On connaît mal les délais nécessaires à la mycorhization du matériel en contenants après le repiquage, et les effets du type et de l'état de la station sur la formation des ectomycorhizes. Bien des espèces de champignons à hyphes cloisonnés peuvent former des ectomycorhizes sur le pin gris et l'épinette noire. Il a été dit que l'introduction artificielle d'ectomycorhizes dans les semis pourrait améliorer la survie et la croissance initiale des plants en contenants après le repiquage.

On poursuit la réalisation des objectifs du projet grâce à des expériences de 3 types:

Mycorhize sur une racine de pin gris (M. Browning)

1. Des semis de pin gris, non inoculés, en godets–papier ont été repiqués, une fois inoculés, sur 6 stations dont les sols varient du sable sec à l'argile humide. Des échantillons de semis ont été récoltés sur chaque station 7, 14 et 52 semaines après le repiquage. On a pris soin de prélever le système racinaire entier. On a déterminé la croissance des pousses et des racines ainsi que le nombre et les types d'ectomycorhizes présentes.

2. On a ensemencé des pins gris et des épinettes noires à l'aide de cultures liquides d'hyphes fragmentaires de 16 champignons différents. Les arbres inoculés ont été récoltés pour fin d'évaluation après avoir poussé 16 autres semaines dans des chambres d'accroissement. L'influence de 2 régimes d'arrosage et de 2 régimes nutritifs sur la formation d'ectomycorhizes a été déterminée à l'aide d'un ensemble de facteurs.

3. On a introduit dans certains semis de pin gris et d'épinette noire 1 de 4 champignons ectomycorhiziens alors que d'autres semis n'ont pas été inoculés. Après avoir passé 13 autres semaines en serre, les semis ont été plantés dans du limon rocailleux, du sable sec (pin gris) ou dans une tourbière asséchée (épinette noire). 11 semaines plus tard, on a récolté des échantillons de

semis afin de déterminer l'effet du traitement sur la croissance des semis inoculés et l'influence du site sur cet effet. On projette de procéder à une deuxième récolte environ 60 semaines après le repiquage.

PROGRÈS:

C'est sur la station de sable sec que les pins gris non inoculés repiqués à partir des godets–papier ont été colonisés le plus rapidement par des champignons ectomycorhiziens indigènes. La formation des mycorhizes a tardé dans du limon rocailleux scarifié et l'argile humide. C'est dans la tourbe non asséchée que se sont formés le moins de types d'ectomycorhizes, alors que la tourbe asséchée a donné lieu à la formation d'une diversité beaucoup plus grande de mycorhizes.

Les racines courtes des pins gris inoculés à *Rhizopogon rubescens*, *Laccaria bicolor*, *Hebeloma cylindrosporum* ou *Pisolithus tinctorius* avaient une densité plus élevée que celles des semis non inoculés. La densité des racines courtes des épinettes noires a augmenté par suite de l'inoculation à *L. bicolor*, *H. cylindrosporum* ou *Thelephora terrestris*. L'inoculation du pin gris à *R. rubescens* et celle de l'épinette noire à *Laccaria proxima* ou *H. cylindrosporum* a fait augmenter le ratio pousses–racines de poids à sec. Les pousses d'épinette noire inoculées à *L. proxima* étaient plus lourdes alors que celles inoculées à *H. cylindrosporum* étaient plus légères que celles des semis non inoculés. L'inoculation n'a été fructueuse que dans les cas où on a maintenu les apports en phosphore inférieurs à ceux qui sont effectués actuellement en pépinière.

Les pousses des pins gris inoculés à *L. proxima* étaient plus lourdes que celles des pins gris qui ont reçu les autres champignons, 11 semaines après repiquage tant dans le sable sec que dans le limon rocailleux. Par contre, les pousses des épinettes noires inoculées à *L. bicolor* étaient plus légères que celles des semis ayant subi d'autres traitements sur les stations des deux types. Il y eu interaction du traitement fongique et du site dans le cas de l'épinette noire. C'est pourquoi, sur la station de tourbière, les épinettes inoculées à *L. bicolor* ont eu des taux de croissance des pousses, en hauteur, plus élevés que les épinettes inoculées à *L. proxima*. Cependant, sur la station de limon rocailleux, les semis inoculés à *H. cylindrosporum* ont eu des taux de croissance relatifs des pousses plus élevés que ceux des semis inoculés à *L. bicolor* ou à *L. proxima*.

Il est probable que ce soient les stations humides et celles qui ont été grandement perturbées qui puissent profiter le plus de l'utilisation de plants inoculés en contenants. L'inoculation aux champignons ectomycorhiziens peut faire augmenter la densité des racines courtes et les ratios pousses–racines des pins gris et des épinettes noires. Cette réaction des hôtes peut améliorer la survie et la croissance des semis après le plantage sur le terrain. Toutefois, la production de mycorhizes par suite de l'inoculation de plants de pin gris et d'épinette noire en contenants nécessite le changement du régime d'apport d'engrais phosphorés en serre.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Browning, M.H.R. et Whitney, R.D. 1987. Root growth and ectomycorrhizal colonization of outplanted containerized *Pinus banksiana*. P. 86 *dans* D.M. Sylvia, L.L. Hung et J.H. Graham (Ed.), Mycorrhizae in the next decade. Practical applications and research priorities. Inst. Food and Agric. Sci., Univ. de la Floride, Gainesville.

Browning, M.H.R. et Whitney, R.D. 1989. Développement des ectomycorhizes chez les semis en contenants. p. 65 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Browning, M.H.R. et Whitney, R.D. Responses of outplanted conifer seedlings to inoculation with selected species of ectomycorrhizal fungi. (soumis à un journal)

MOTS–CLÉS:

croissance des semis, développement des racines, ectomycorhizes, épinette noire, fertilisation, mycorhizes, nutrition des semis, pin gris, plants en contenants, production en pépinière, régénération artificielle

Estimation des zones–tampons nécessaires aux traitements à très faible dose de glyphosate aux fins du dégagement des conifères.

Numéro de référence du projet: 33023

Chercheur/entrepreneur: Mme V. Manniste–Squire, Sault Ste. Marie, Ontario (objectif 1)
G. Hofstra et R.A. Fletcher, département de la biologie environnementale, Université de Guelph, Guelph, Ontario (objectif 2)

Responsable scientifique: N.J. Payne, Institut pour la répression des ravageurs forestiers, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Quantifier la dérive des jets au cours de traitements à très faible dose (TFD) de glyphosate en foresterie.

2. Quantifier la phytotoxicité des dépôts non mortels de glyphosate sur les mauvaises herbes forestières indésirables.

Atomiseurs d'herbicide Micronaire à très faible dose montés sur avion pour traitement aérien (N. Payne)

DESCRIPTION:

L'arrosage à TFD permet de réduire le coût de l'application d'herbicides par aéronef aux fins de la sylviculture. Des études antérieures portent à croire que de tels arrosages sont tout aussi efficaces que les techniques classiques à forte dose pour fin de répression de la végétation indésirable. Toutefois, les gouttelettes d'arrosage à TDF sont plus petites que celles des applications à forte dose, ce qui fait augmenter la possibilité d'incidences environnementales négatives.

Les règlements provinciaux prévoient l'établissement de zones–tampons autour des secteurs vulnérables pendant l'arrosage, afin de réduire au minimum la dégradation de l'environnement. Malgré ces règlements, on relève des dépôts d'herbicide dans les habitats situés à proximité de la zone traitée. Toutefois, puisque les dépôts à l'extérieur de la cible sont inversement proportionnels à la distance de la zone d'application, on peut empêcher que le traitement n'ait des répercussions environnementales importantes en prévoyant une zone–tampon appropriée.

Le projet doit permettre d'obtenir les données nécessaires à l'estimation de l'ampleur de la zone–tampon qu'il faut prévoir pour prévenir les dommages causés par les herbicides à des plantes non visées par les traitements à TFD de glyphosate (composé homologué pour fin d'utilisation sylvicole sous la marque de commerce Vision®). La recherche comprend 2 éléments: le premier consiste à quantifier les dépôts hors–cible causés par la dérive des jets de glyphosate appliqué à TFD, et le deuxième, à déterminer la phytotoxicité des dépôts non mortels de glyphosate sur les plantes sensibles.

En juillet et août 1987, des essais de dérive ont été réalisés sur une forêt coupée à blanc en 1980–1981 près de Lowther (Ontario). La régénération naturelle du site, dont la hauteur variait de 1 à 3 m, comprenait des aulnes rugueux, des épinettes noires, des saules et des peupliers faux–trembles. On a essayé 3 méthodes de traitement au glyphosate par aéronef: l'une, qu'emploie souvent le ministère des Richesses naturelles de

l'Ontario, a recours à un ajustage hydraulique D8–46, à un taux d'application de 35 L/ha, et les deux autres, conçues aux fins du projet, utilisent des atomiseurs Micronaire AU 5000 et Thru Valve Boom, à un taux de 20 L/ha. Les atomiseurs étaient installés à bord d'un aéronef à ailes fixes.

Le taux d'application maximal de glyphosate recommandé aux fins de la foresterie (2,1 kg/ha de matière active) a été utilisé au cours de tous les essais. Les diamètres moyens des gouttelettes d'arrosage grâce à l'ajutage hydraulique et aux autres techniques d'application étaient d'environ 300 et 200 microns, respectivement. On a mesuré les teneurs de l'air en glyphosate et les dépôts de glyphosate hors–cible sur un feuillage artificiel et sur des toiles couvre–sol à différentes distances sous le vent variant de 50 à 400 m. Les résidus du glyphosate et de son principal métabolite, soit l'acide aminométhylphosphorique, ont été quantifiés par chromatographie liquide à haute performance.

On a déterminé les effets sublétaux du glyphosate sur des cerisiers de Pennsylvanie et des peupliers faux–trembles. Puisqu'elles sont sensibles au glyphosate, l'étude des effets sur ces espèces permet d'obtenir des données qui permettent d'établir une estimation prudente de la zone–tampon nécessaire. On a procédé à des applications de glyphosate au sol à des taux variant de 2 à 100 % du taux maximal recommandé sur de petites placettes situées dans la forêt de Kirkwood, près de Thessalon (Ontario). Les effets phytotoxiques ont été évalués grâce à la détermination de la blessure foliaire, de la réduction de la croissance, de la teneur du feuillage en acide shikimique, de la fluorescence de la chlorophylle A et de la concentration de pigments.

PROGRÈS:

On a achevé les essais de dérive et procédé à des analyses des résidus. Les données sur les teneurs atmosphériques en glyphosate et les dépôts de glyphosate hors–cible ont été analysées par N.J. Payne, de l'Institut pour la répression des ravageurs forestiers, Forêts Canada, en guise de préparation pour la modélisation.

On a pris des mesures de phytotoxicité à différents moments sur les plantes arrosées en août 1987, 1988 et 1989. Les données concernant la fluorescence de la chlorophylle A et la concentration des pigments étaient trop variables pour être utiles. Toutefois, les autres méthodes d'évaluation employées se sont révélées être des indicateurs fiables des effets phytotoxiques à tous les taux d'application.

Les données issues des deux éléments de la recherche seront réunies dans le cadre d'un modèle mathématique par N.J. Payne, afin de déterminer la largeur de la zone–tampon nécessaire à la protection des plantes hors–cible contre les blessures importantes (Payne et collab. 1987). Le modèle calculera, d'après les résultats des essais de dérive, les dépôts foliaires hors–cible prévisibles dans le contexte d'un traitement opérationnel par bandes au glyphosate. Par la suite, on déterminera l'importance biologique des dépôts foliaires prévus par rapport aux mesures prises au sujet des effets non mortels du glyphosate sur les arbres d'essences sensibles. La largeur de la zone–tampon nécessaire sera calculée selon la distance à laquelle les effets atteignent un niveau acceptable.

La recherche permettra de poser sur des bases scientifiques une estimation de la largeur de la zone–tampon nécessaire pour protéger la végétation hors–cible contre les dommages que peuvent causer les traitements sylvicoles au glyphosate à TFD. Cette estimation sera utile en Ontario et ailleurs aux fins de l'établissement de zones–tampons réalistes à prévoir pour les traitements opérationnels au glyphosate.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Manniste–Squire, V. 1988. Final report: Quantification of glyphosate and its major metabolite from deposit collectors used during drift trials. Rapport classé. 7 p. + 17 tables et 20 échantillons de chromatogrammes.

Stasiak, M.A., Fletcher, R.A. et Hofstra, G. 1989. Measurement of phytotoxicity of sub–lethal glyphosate deposits on pin cherry and aspen. Rapport classé. 12 p.

Stasiak, M.A., Hofstra, G., Fletcher, R.A. et Payne, N.J. 1989. Évaluation de la phytotoxicité de dépôts sublétaux de glyphosate chez le cerisier de Pennsylvanie et le peuplier faux–tremble. p. 37 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

cerisier de Pennsylvanie, dérive des jets, épinette noire, glyphosate, herbicide, incidences environnementales, phytotoxicité, répression des mauvaises herbes, saule, traitement aérien, zone–tampon

Moments et incidences de l'épandage aérien d'herbicides sur des peuplements d'épinettes noires de la grande ceinture d'argile.

Numéro de référence du projet: 33027

Chercheur/entrepreneur: Ecological Services for Planning Ltd., Guelph, Ontario

Responsable scientifique: J.B. Scarratt, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

Quant à l'épandage aérien d'herbicides à des fins sylvicoles dans le nord de l'Ontario:

1. Établir un modèle de prévision des dates des importants stades de développement phénologique des espèces du peuplement final et des espèces indésirables, d'après les données climatiques existantes.

2. Déterminer les dates auxquelles de jeunes plantations d'épinettes noires peuvent être arrosées au 2,4-D et au glyphosate sans que cela nuise à la survie, à la croissance ou au développement des arbres du peuplement final.

DESCRIPTION:

Dans la ceinture d'argile du nord de l'Ontario, il est courant qu'une forte concurrence de la végétation s'installe sur les sols riches et humides après la récolte du bois et la préparation mécanique du site. C'est pourquoi le recours aux herbicides pour réprimer cette concurrence est d'ordinaire une partie intégrante des programmes de régénération.

L'incapacité de déterminer les moments les plus appropriés aux applications d'herbicide est un des obstacles à la répression efficace de la concurrence de la végétation sans nuire aux arbres des espèces du peuplement final. C'est qu'on ne sait pas exactement quand la végétation indésirable est la plus vulnérable et quand les espèces du peuplement final le sont le moins. Pour la plupart des espèces, il existe un rapport étroit entre l'incidence des herbicides et le stade de développement phénologique. Il faudrait en fait approfondir nos connaissances sur les relations entre la phénologie et la tolérance aux herbicides des espèces du peuplement final et des espèces indésirables, afin de pouvoir mieux choisir les périodes d'épandage.

Diminution de la concurrence de la végétation par le glyphosate (R. Arnup)

Un projet tripartite a été prévu pour étudier ces relations et pour établir des lignes directrices sur l'épandage dans la région de Kapuskasing, située dans le nord de l'Ontario: (1) mettre au point un modèle de prévision de la phénologie des peuplements d'épinettes noires et d'aulnes rugueux des plateaux et des basses terres, (2) faire une analyse de probabilité météorologique afin de déterminer le nombre de jours se prêtant à l'épandage au cours de la saison, et (3) évaluer l'effet du taux et des moments d'épandage des herbicides sur les essences du peuplement final et les espèces indésirables.

Suivant le troisième volet du projet, il fallait évaluer l'influence du stade de développement phénologique sur l'efficacité de l'épandage aérien d'herbicides quant aux répercussions sur l'espèce du peuplement final (épinette noire) et la végétation indésirable. On a épandu 2 herbicides, soit le 2,4–D et le glyphosate, à différents taux et à différents moments des périodes d'épandage normales dans la région de Kapuskasing. On a traité au glyphosate des sites d'espèces ligneuses mélangées riches en plantes herbacées (groupe opérationnel 7 de la Classification des écosystèmes forestiers de la

ceinture d'argile [Jones et collab. 1983]) sur des sols dominés par des loams et des argiles fins. On a traité au 2,4–D des sites d'aulnes à plantes herbacées rares (groupe opérationnel 12, *ibid.)* sur des sols organiques. Le travail a été effectué de concert avec la Spruce Falls Power and Paper Company Ltd., de Kapuskasing, qui a aidé à ses aspects opérationnels.

PROGRÈS:

Par suite des nombreuses difficultés opérationnelles éprouvées au cours de la partie du projet qui a été exécutée sur le terrain, l'entrepreneur n'a pas pu réaliser le programme prévu d'épandage d'herbicides. Des problèmes de logistique et de communications, jumelés à des conditions météorologiques défavorables et à la non–disponibilité d'aéronefs, ont causé des retards et ont empêché les épandages aux moments exacts souhaités à l'intérieur des périodes d'épandage. Ainsi a–t–il été impossible de procéder aux traitements expérimentaux prévus, ce qui a empêché la réalisation du principal objectif consistant à établir un rapport entre les effets des herbicides et la phénologie des espèces du peuplement final et des espèces indésirables. Vu ces circonstances, les deux parties ont convenu de mettre un terme au projet. L'expérience souligne la difficulté inhérente à l'organisation et à la réalisation de recherches complexes sur les herbicides dans le contexte de programmes d'épandage opérationnels.

Dans un rapport final, on indique les progrès réalisés et les problèmes auxquels il a fallu faire face pendant les essais sur le terrain. À l'appui de ce rapport, on dispose de cartes indiquant les emplacements de toutes les placettes d'épandage, de descriptions détaillées de ces placettes avant l'épandage (y compris le type et le volume de la régénération et de la concurrence de la végétation), et d'une base de données informatique comprenant de l'information sur toutes les placettes et des résultats d'évaluation sur le stade de développement phénologique ainsi que la croissance et l'état des arbres. Forêts Canada, Région de l'Ontario, conserve cette base de données et la met sur demande à la disposition des chercheurs et d'autres personnes.

Bien que la réalisation du projet ait cessé prématurément, on obtiendra une utile information sur les volets qui ne concernaient pas le terrain. Par exemple, on est en train de faire une analyse de la documentation axée sur la phénologie de l'épinette noire et sur certains aspects de l'épandage d'herbicides, à laquelle on a ajouté des observations phénologiques issues d'essais sur le terrain. De plus, on s'est servi des registres des observations climatologiques horaires tenus par la station de surveillance du Service de l'environnement atmosphérique à l'aéroport de Kapuskasing au cours d'une période de 35 ans, afin de déterminer la fréquence quotidienne et saisonnière de facteurs influençant l'épandage aérien d'herbicides. Les observations portent sur la vitesse du vent, la température de l'air, l'humidité relative et les précipitations. Elles ont servi à établir des probabilités moyennes, soit à déterminer le nombre d'heures par jour ouvrable durant lesquelles les conditions se prêtent à l'épandage aérien d'herbicides dans le district de Kapuskasing pendant la période estivale de soins culturaux. Ces probabilités seront utiles au cours de la planification de ces soins.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Arnup, R.W. 1986. Various stages of herbicide tending with aerial 2,4–D on black spruce. Ont. Min. Nat. Resour., Northern For. Devel. Gr., Timmins, Ont. On Line 2(3):3–5.

Arnup, R.W. 1989. Hourly work–day probabilities for aerial herbicide application in the Kapuskasing District of northern Ontario. Ecological Services for Planning Ltd., Guelph, Ont. Rapport classé. 15 p. + annexe.

Arnup, R.W. 1989. Timing and impacts of aerial herbicide spraying on black spruce in the Great Clay Belt: 2,4–D and glyphosate applications and monitoring. Ecological Services for Planning Ltd., Guelph, Ont. Rapport classé. 17 p. + annexes.

MOTS–CLÉS:

2,4–D, aulne rugueux, concurrence de la végétation, épandage aérien, épinette noire, glyphosate, herbicide, période d'épandage, phénologie, probabilités par jour ouvrable, répression des mauvaises herbes

Tolérance des semis d'épinettes noires et de pins gris au glyphosate.

Numéro de référence du projet: 33030
Chercheur/entrepreneur: T.J. Blake, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario
Responsable scientifique: F.D. Beall, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Déterminer le rapport entre le développement phénologique, les facteurs environnementaux, les facteurs physiologiques, l'essence, le taux d'application de l'herbicide et la tolérance des semis d'épinette noire et de pin gris au glyphosate.

2. Établir des recommandations en vue de l'utilisation efficace du glyphosate dans le cadre des programmes de dégagement des plantations de semis en contenants.

DESCRIPTION:

Le glyphosate est un herbicide non sélectif à large spectre d'action qui sert à des traitements postémergence et est efficace sur un vaste éventail de plantes annuelles et vivaces. Toutefois, le glyphosate ne pénètre pas l'écorce ou la matière ligneuse des arbres, et les conifères dont les bourgeons sont bien endurcis ont une grande tolérance aux traitements foliaires au glyphosate. Voici d'autres caractéristiques souhaitables que présente l'utilisation de cet herbicide en foresterie: forte dose létale médiane pour les poissons, les oiseaux et les mammifères, et décomposition rapide dans le sol. C'est pourquoi on s'en sert de plus en plus pour dégager les conifères de la compétition de la végétation.

On peut employer le glyphosate non sélectivement pour préparer le site au plantage, ou sélectivement pour dégager des conifères. En Ontario, le glyphosate sert principalement à cette deuxième fin. Toutefois, bien que l'épinette noire, l'épinette blanche et le pin gris aient, en général, manifesté une bonne tolérance aux traitements de préplantage au glyphosate, les traitements postplantage au glyphosate ont eu des résultats variables. Un certain nombre d'études ont indiqué que l'application du glyphosate en août aux taux nécessaires pour réprimer la compétition de la végétation donne souvent lieu à une augmentation de la mortalité et à un ralentissement de l'accroissement de la hauteur pendant la saison de croissance suivante.

Dégâts causés par le glyphosate à l'épinette noire (R. Arnup)

Bien des études ont été réalisées pour déterminer le moment le plus approprié aux traitements au glyphosate dans le cadre des programmes de dégagement des conifères. Ces études ont porté principalement sur l'épinette de Norvège. Or, les recommandations de traitement applicables à cette essence diffèrent considérablement des pratiques ontariennes actuelles. D'autres études ont indiqué que la tolérance au glyphosate est influencée par des facteurs tels que le stade de développement phénologique et les conditions environnementales. Il est clair que l'utilisation efficace du glyphosate dans le domaine de l'aménagement forestier nécessite l'éclaircissement des rapports entre la

phénologie des semis, leur physiologie, les facteurs environnementaux et la tolérance au glyphosate dans le cas de chaque essence cultivée.

La première phase du projet consiste à réaliser un examen exhaustif de la documentation au sujet de l'utilisation du glyphosate en agriculture et en foresterie, de son mode d'action ainsi que de son emploi et de ses effets sur les conifères. Cette revue de la documentation existante sert à orienter la planification de la phase expérimentale du projet et sera la base de l'interprétation des résultats des expériences.

Les recherches comprennent principalement des expériences en milieu de serre et dans des conditions extérieures contrôlées avec des semis en contenants. Elles consistent à examiner les relations entre le traitement au glyphosate, la phénologie et la physiologie des semis de pin gris et d'épinette noire et leur tolérance au glyphosate. De plus, on évalue l'influence de facteurs environnementaux connexes tels que le stress hydrique et l'intensité de la lumière. On arrose le feuillage de glyphosate de manière à simuler les pratiques opérationnelles, mais on varie les concentrations de l'herbicide et les moments d'application par rapport au débourrement. On étudie les effets du traitement à l'herbicide sur la réaction de croissance des semis et des variables physiologiques comprenant le taux de photosynthèse, le taux de transpiration, la conductance stomatique et les relations hydriques. Pour mieux comprendre le mécanisme de tolérance, on détermine l'absorption et le métabolisme du glyphosate à l'intérieur du semis grâce à des méthodes chromatographiques et au marquage radioactif de l'herbicide.

Les relations entre la phénologie des semis, leur physiologie et leur tolérance au glyphosate qu'on aura déterminées pendant les études en milieu contrôlé seront vérifiées par des études sur le terrain.

PROGRÈS:

L'examen de la documentation a été achevé. On s'en est inspiré pour dresser un plan d'expériences. Les expériences ont été entreprises. Selon les documents étudiés, la tolérance des plantes au glyphosate tient probablement à une prise restreinte de cet herbicide ou à la tolérance protoplasmique des espèces tolérantes, ou aux deux. La contribution relative de ces deux facteurs semble varier considérablement selon l'espèce. De plus, le mode d'action du glyphosate semble différer en fonction de l'espèce. Cela illustre comme il est important de comprendre les facteurs phénologiques et physiologiques qui influencent la tolérance des semis d'épinette noire et de pin gris afin d'utiliser efficacement le glyphosate pour dégager les plantations de ces essences. Le projet contribuera à l'amélioration de la compréhension des mécanismes présidant à la tolérance au glyphosate des deux importantes essences commerciales en question et aidera à déterminer les conditions opérationnelles dans lesquelles le glyphosate devrait être appliqué pour que son efficacité nette soit maximale.

Date d'achèvement: le 31 mars 1991

RAPPORTS:

Zwiazek, J.J. et Blake, T.J. 1989. Literature review: physiological and biochemical responses of plants to glyphosate. Rapport classé. 27 p.

MOTS–CLÉS:

compétition de la végétation, dégagement des conifères, épinette noire, gestion des mauvaises herbes, glyphosate, herbicide, phénologie, physiologie des semis, pin gris, plants en contenants, régénération artificielle, tolérance aux herbicides

Établissement d'une méthode opérationnelle d'évaluation de la régénération fondée sur des données à haute résolution obtenues par satellite.

Numéro de référence du projet: 33028

Chercheur/entrepreneur: S. Pala, Centre ontarien de télédétection, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Toronto, Ontario

Responsable scientifique: R.A. Sims, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Déterminer la faisabilité et la méthode appropriée de contrôle et de cartographie de la régénération forestière à l'aide de données à haute résolution transmises par le capteur TM des LANDSAT et les satellites polyvalents d'observation de la terre (SPOT).

DESCRIPTION:

Pour répondre au besoin d'une méthode plus rapide et plus économique d'évaluation de la régénération forestière, le Centre ontarien de télédétection (COT) a dernièrement mis au point une mode d'opération fondée sur la photographie aérienne en couleurs à l'infrarouge et des méthodes d'interprétation précises (Goba et collab. 1982). Cette façon de procéder a été fructueusement mise en pratique par des forestiers travaillant sur le terrain dans le nord de l'Ontario et à d'autres endroits.

Bien que la photographie aérienne constitue une solution de rechange plus rentable et plus exacte aux relevés classiques de la régénération, qui exigent un travail intensif, on pourrait réaliser encore davantage économies de fonds et de main-d'oeuvre s'il était possible de la jumeler aux images transmises par satellite.

Le COT avait auparavant essayé d'évaluer la régénération en se fondant sur des données à basse résolution obtenues des premiers satellites de télédétection LANDSAT. Ces données, quoique prometteuses, ne suffisaient pas à répondre aux nécessités du service. Toutefois, on s'attend que le fort pouvoir séparateur des satellites récents permette de produire des données plus détaillées.

Images transmises par satellite des zones de régénération (S. Pala)

Le projet portait surtout sur la précision potentielle, la faisabilité et la méthodologie de l'identification et de la classification de la régénération des conifères d'après des données numériques à haute résolution produites par le capteur TM des LANDSAT et le SPOT lancé dernièrement. On a pris des photographies aériennes en couleurs à l'infrarouge et prélevé des échantillons sur le terrain afin d'obtenir des données "directes" pour vérifier l'exactitude de l'interprétation des données à haute résolution transmises par satellite.

PROGRÈS:

On a étudié 3 régions du nord de l'Ontario, ayant chacune une superficie d'environ 1 000 km^2. L'une se trouve dans la ceinture d'argile du Nord près de Smooth Rock Falls, une autre, dans un secteur du Bouclier canadien (précambrien) couvert de till près de Kapuskasing, et le dernier, dans un secteur de ce bouclier caractérisé par des sols sableux près d'Ignace. Les images numériques transmises par le capteur TM des LANDSAT et les SPOT qui avaient été enregistrées vers la fin d'avril, en

mai et en juin ont été classées grâce à des techniques informatiques. La classification des images du début du printemps a permis d'isoler les espèces de résineux; celles de l'été ont permis de repérer les zones de régénération, et la comparaison des images du printemps et de l'été a permis d'isoler les espèces de feuillus. Après avoir procédé à un classement préliminaire des images transmises par satellite, on a collecté sur le terrain des données concernant la composition en espèces, la hauteur et le matériel relatif.

La régénération de résineux de 10 à 15 ans, qui avait la proportion de couvert par unité de superficie la plus élevée, est la classe de couvert qu'on a identifié de la façon la plus conséquente et la plus exacte. Toutefois, à l'intérieur des images classées par ordinateur, des zones couvertes de rémanents, d'herbes mortes ou de plantes telles que des arbrisseaux verts, du thé du Labrador, des herbes vertes ou des mousses (par exemple végétation jugée verte d'après les images prises au printemps) ont été classées, à tort, parmi la jeune régénération ou les forêts nouvellement coupées. On a confondu la jeune régénération, telle que les peuplements de pins gris de moins de 10 ans, même si elle n'était pas parsemée de zones découvertes, avec de jeunes peuplements de peupliers dont les feuilles n'étaient pas encore apparues. Ni les images du printemps, ni celles de juin n'ont permis de distinguer les forêts coupées à blanc récentes et la régénération de 5 ans et moins.

La classification fondée sur les images transmises par satellite a concordé avec les observations faites sur le terrain sous certains rapports. Toutefois, le problème fondamental a été posé par le fait que, dans bien des cas, la végétation basse et la couverture vivante au niveau du sol, voire le sol dénudé entre les petits arbres, occupaient une proportion des pixels d'image plus grande que les arbres mêmes. Malgré le pouvoir séparateur des SPOT, les différences spectrales causées par de tels éléments de fond ont souvent donné lieu à une classification erronée parmi la régénération de résineux.

Le projet a mis en évidence un manque d'uniformité et d'exactitude de la classification. Les résultats indiquent que, même s'ils permettraient d'établir certaines distinctions relatives en termes de densité et d'âge de la végétation des forêts coupées à blanc, ni le capteur TM du LANDSAT, ni l'analyse numérique du SPOT ne constitueraient un moyen fiable d'obtenir une stratification initiale de la régénération.

Date d'achèvement: le 30 septembre 1989

RAPPORTS:

Pala, S. et Jano, A. 1989. Final report: Development of operational regeneration assessment methodology based on high–resolution satellite data. Ontario Centre for Remote Sensing, Toronto, Ont. Rapport classé.

Pala, S. et Jano, A. 1989. Évaluation de la régénération forestière au moyen de satellites. p. 99 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

capteur TM, évaluation de la régénération, imagerie à l'infrarouge, imagerie multidate, imagerie transmise par satellite, LANDSAT, SPOT, télédétection

Mise au point d'une version pour micro–ordinateur du modèle de simulation PLANT.

Numéro de référence du projet: 33031

Chercheur/entrepreneur: D. Basham, Sault Ste. Marie, Ontario

Responsable scientifique: B. Payandeh, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Établir une version pour micro–ordinateur (PLANT PC) du modèle de simulation PLANT, y compris un manuel en indiquant le mode d'emploi et comprenant des exemples pratiques de cas réels.

2. Présenter le modèle et ses applications aux aménagistes forestiers qui participent à des opérations de renouvellement forestier.

Production en serre de semis en contenants (J. Scarratt)

DESCRIPTION:

En Ontario, on étudie les pratiques de régénération forestière depuis de nombreuses années. On connaît bien les facteurs individuels qui influencent l'efficacité et le coût du renouvellement forestier. Toutefois, les chercheurs n'ont pas, en général, étudié les rapports qui existent entre ces facteurs. Les récents colloques sur la régénération forestière ont mis l'accent sur la nécessité de résumer l'information dont on dispose sur le renouvellement forestier afin de comprendre l'ensemble du procédé de régénération. Cela pourrait être facilité par la mise au point de modèles de simulation informatique axés sur l'aménagement.

Forêts Canada, Région de l'Ontario, a entrepris en 1985 l'établissement d'un modèle de simulation des systèmes de régénération artificielle. Ce modèle, créé à l'aide d'un ordinateur VAX, est destiné à simuler les répercussions sur le rendement des plantations des changements que subissent des facteurs biologiques et des pratiques sylvicoles critiques en pépinière et après la transplantation sur le terrain. Cela pose la base de la détermination de la stratégie de régénération optimale dans une situation donnée, d'après des considérations biologiques, opérationnelles et économiques.

Pour que le modèle soit vraiment utile en tant qu'instrument d'aménagement forestier, il fallait en mettre au point une version pour micro–ordinateur qui soit à la portée de l'utilisateur, et en faire la démonstration à l'intention des utilisateurs éventuels.

PROGRÈS:

Un prototype du PLANT PC a été créé en Turbo Pascal (Borland International). Ce langage a été choisi à cause de sa popularité grandissante auprès des forestiers et autres personnes intéressées, de ses grandes capacités de traitement de l'information graphique et de manipulation de texte, et de sa capacité de compiler des programmes de plus de 64 kb. La configuration fonctionnelle minimale nécessaire pour utiliser le PLANT PC comprend un ordinateur compatible avec le PC/AT d'IBM et ayant 256 kb de mémoire et un lecteur de disquettes. L'unité de disque rigide est facultative. L'emploi d'un coprocesseur et d'un sous–système de graphisme multimodal accélère considérablement le traitement et la performance globale.

Le modèle divise le procédé de régénération en 3 phases indépendantes: (1) production du matériel de reproduction, (2) emmagasinage du matériel de reproduction, et (3) établissement de la plantation. On simule la croissance et la survie des semis pendant chaque phase selon des sous–modèles empiriques indiquant les effets des facteurs biologiques et des options d'aménagement. Ces sous–modèles ont été établis par suite de l'identification, grâce à une régression par paliers, des facteurs qui influent sur la production du matériel de reproduction et le rendement de la plantation. Des modèles non linéaires ont été créés pour exprimer la réaction des semis en fonction du temps, des options d'aménagement et des pratiques sylvicoles.

Le modèle simule différentes options de régénération selon les indications de l'utilisateur. Il compare et optimise les résultats d'après un indice de rentabilité de la régénération qui met le coût total en corrélation avec la croissance, la survie et la qualité du peuplement "libre de pousser".

Le modèle initial a été mis à jour par l'incorporation de données supplémentaires sur la croissance et la survie des semis. De plus, on a extrapolé les données initiales sur l'épinette blanche et l'épinette noire pour englober une période de 20 ans après le plantage sur le terrain à la lumière des courbes d'indices de station d'épinette blanche au sujet des plantations de l'Institut forestier national de Petawawa et des données complémentaires sur les épinettes et le pin gris obtenues à l'aide du système TRIM (Fayle et collab. 1983). Le modèle a fait l'objet de force contrôle des limites de vraisemblance et des moyennes relativement à toutes les combinaisons possibles.

La version pour ordinateur personnel présente une caractéristique intéressante: elle permet de créer des indices de hauteur, de survie et de coût de régénération sous forme de graphique à code de couleurs à l'aide d'un écran couleurs ou d'un traceur Hewlett–Packard. Pour faciliter l'introduction de l'information par l'utilisateur, le modèle produit des organigraphes distincts portant sur toutes les options de régénération possibles à chaque étape de l'entrée. Les masques de saisie ont été prévus pour réduire au minimum la possibilité d'erreur. Toute réponse inexacte est indiquée par des avertissements tant sonores que visuels. En outre, on a intégré au modèle des menus et des tableaux des résultats en couleurs, un écran–titre accrocheur et des fenêtres directes qui aident l'utilisateur.

Le modèle a été mis en démonstration pendant plusieurs ateliers et colloques de membres des professions forestières et est toujours en voie de perfectionnement selon les réactions obtenues au cours de ces démonstrations.

Date d'achèvement: le 31 decembre 1989

RAPPORTS:

Payandeh, B. 1988. Computer modeling of artificial forest regeneration in Ontario. p. 21–24 *dans* E. Luque (Ed.), Proc. ISMM International Symposium: Mini and microcomputers and their applications. San Feliu de Guixols, Espagne, 27–30 juin, 1988. Internat. Soc. for Mini et Microcomputers.

Payandeh, B. 1989. Simulation sur micro–ordinateur de la régénération artificielle des forêts en Ontario. p. 110 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Co–présidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Payandeh, B. Development of a model for planting stock production evaluation in Ontario. New For. (soumis à un journal)

MOTS–CLÉS:

croissance des semis, épinette blanche, épinette noire, modèles de simulation, modélisation, pin gris, production en pépinière, régénération, régénération artificielle, survie des semis, transfert de la technologie

Conception et réalisation d'expériences d'établissement de plantations de mélèzes laricins axées sur la sélection du site, le matériel de reproduction et l'application d'herbicides.

Numéro de référence du projet: 33016

Chercheur/entrepreneur: B.D. Nicks, Produits forestiers E.B. Eddy ltée, Espanola, Ontario

Responsable scientifique: C. Glerum, Institut de recherche sylvicole de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIFS:

1. Relever et examiner les lacunes des connaissances sylvicoles au sujet de l'établissement et de l'aménagement de plantations de Larix *dans le nord de l'Ontario.*

2. Entreprendre des expériences sur le terrain à l'appui d'un programme d'aménagement intensif des plantations de bois de pâte de mélèze laricin, afin de comparer l'efficacité des différentes techniques d'établissement et d'aménagement de plantation.

Mélèzes laricins parsemés d'épinettes (J. Scarratt)

DESCRIPTION:

La société Produits forestiers E.B. Eddy ltée exploite une grande fabrique de pâte kraft blanchie à Espanola (Ontario). Les conifères boréaux tels que le pin gris et l'épinette interviennent pour plus de la moitié du matériel d'alimentation de cette fabrique. Comme la plupart des autres fabriques de pâte du nord–est de l'Ontario, elle prévoit que la possibilité réalisable pour des essences servant habituellement à fabriquer de la pâte diminuera à la longue, à mesure que les vieilles forêts sont abattues et que la répartition des classes d'âge s'équilibre.

On a jugé qu'il serait possible de compenser partiellement la diminution projetée de la possibilité réalisable en cultivant des mélèzes laricins par courtes révolutions et grâce à un aménagement intensif sur des stations de choix situées près d'Espanola. Si le sol a l'humidité et les éléments nutritifs appropriés, si le matériel de reproduction est sain et si une protection est assurée contre les insectes et les maladies, la croissance du mélèze laricin peut dépasser rapidement celle du pin gris. Toutefois, puisqu'on ne disposait guère de renseignements sur l'aménagement des boisés de mélèzes laricins indigène du nord de l'Ontario, on a jugé souhaitable de réaliser des essais sur le terrain pour déterminer les traitements sylvicoles optimaux pour chaque type de station.

Au cours d'un examen des connaissances au sujet de l'établissement et de l'aménagement des plantations de mélèzes laricins, on a relevé le besoin d'obtenir de plus amples renseignements à 3 égards: (1) le rendement prévisible pour les sols qui caractérisent les stations de la rive nord du lac Huron, (2) les pratiques de préparation du site et le matériel de reproduction qu'il convient d'employer, et (3) les taux de croissance et les productions prévus pour les mélèzes mûrs dans les sols en question.

Pour combler certaines des lacunes des connaissances, on a procédé à des essais de préparation de site et de plantage de mélèzes laricins dans des sols des trois principaux types de la région d'Espanola: sable fin bien drainé, limon à drainage imparfait et argile mal drainé. Les stations de sable et de limon avaient porté des peuplements de seconde venue mixtes alors que la station à sol argileux était un vieux champ. Tous les essais ont été réalisés sur des terres appartenant en propriété libre à la société E.B. Eddy et situées dans la section de Sudbury–North Bay (L.4e) de la région forestière des Grands lacs et du Saint–Laurent (Rowe 1972).

Les traitements de préparation du site, réalisés selon un plan en blocs aléatoires, ont compris le râtelage, le râtelage jumelé au déchaumage, et le râtelage et déchaumage associés à un traitement de préémergence à l'herbicide (4 produits chimiques, soit l'atrazine, l'hexazinone, le linuron et la simazine, appliqués à quatre taux différents). Le râtelage n'a pas été nécessaire sur la station à sol argileux. On a planté sur les stations préparées du matériel de reproduction expérimental de différents types et des semis–témoins de pin gris et d'épinette blanche, selon la station. De plus, la station de sable a fait l'objet d'une expérience restreinte de plantage de mélèzes d'Europe et hybrides.

PROGRÈS:

La préparation du site et le plantage sont achevés sur tous les placeaux. La station de sable a été plantée en 1987, celle de limon, en 1988 et celle d'argile, en mai 1989. On étudie la survie de la plantation et la réaction de croissance dans toutes les conditions de traitement. La comparaison des données ainsi acquises avec les registres détaillés sur le coût des traitements permettra de déterminer les prescriptions optimales aux fins de l'établissement de plantations de mélèzes laricins.

Les résultats préliminaires obtenus sur les stations de sable et de limon indiquent que la hauteur des mélèzes laricins et des pins gris a augmenté grâce aux traitements de préparation de site les plus intensifs. Les meilleurs de ceux–ci ont permis aux mélèzes laricins d'atteindre une hauteur totale moyenne de 13,4 % supérieure à celle des pins gris après 2 ans sur la station de sable et de 42 % après 1 an sur la station de limon. L'accroissement de la hauteur des deux espèces a été le plus marqué sur les placeaux de la station de sable traités à l'atrazine. Dans le limon, l'hexazinone a fait baisser la classe de condition des matériels de tous les types beaucoup plus que les autres herbicides pendant la première année, même s'il a permis une excellente répression des herbes et de l'ensemble des plantes herbacées.

Le projet est la phase initiale de ce qui constitue essentiellement une étude à long terme. On obtiendra des données préliminaires sur la réaction des plantations, mais il faudra de nombreuses autres années d'observation avant que le projet porte fruit. La société E.B. Eddy a pour intérêt tant l'optimisation des techniques d'implantation que l'établissement, avec le temps, de techniques d'aménagement de peuplement permettant d'atteindre le plus économiquement possible des productions ligneuses maximales à l'âge d'exploitabilité. Cette société a apporté d'importantes contributions financières au démarrage du projet et couvrira les frais des soins culturaux et du maintien des expériences depuis la cessation du financement en vertu de l'ECOMVRF jusqu'à ce que les plantations atteignent l'âge d'exploitabilité afin d'orienter la mise sur pied de son propre programme sur des terres privées. Les résultats du projet pourront être utiles à d'autres consommateurs de bois de pâte du nord–est de l'Ontario.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Nicks, B.D. et McKean, D.A. 1989. Essais d'implantation du mélèze laricin dans le nord–est de l'Ontario. p. 22 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Un rapport de la phase finale sera rédigé dès la fin du projet.

MOTS–CLÉS:

atrazine, boutures racinées, compétition de la végétation, croissance des semis, déchaumage, épinette blanche, foresterie de courtes révolutions, foresterie sur des terrains privés, herbicide, hexazinone, linuron, mélèze d'Europe, mélèze hybride, mélèze laricin, pin gris, plantage, plants en contenants, préparation du site, râtelage, régénération artificielle, répression des mauvaises herbes, simazine

Établissement de régimes de courtes révolutions applicables à la culture d'essences choisies de peupliers et de mélèzes dans le nord–ouest de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33020

Chercheur/entrepreneur: R.E. Farmer, Faculté de foresterie, Université Lakehead, Thunder Bay, Ontario

Responsable scientifique: R.W. Evers, Groupe des forêts à croissance rapide, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Brockville, Ontario

OBJECTIFS:

1. Choisir des essences, des provenances et des clones de peuplier et de mélèze assurant une croissance rapide et se prêtant génétiquement à la culture selon des révolutions relativement courtes dans les conditions qui caractérisent la région boréale.

2. Établir des méthodes de culture en plantation favorisant la croissance rapide du matériel de reproduction choisi selon l'objectif 1.

DESCRIPTION:

Le bois rond d'essences à pâte classiques dont s'alimente la fabrique Boise Cascade, à Fort Frances, comme bien d'autres fabriques du nord de l'Ontario, vient de secteurs de récolte qui se trouvent à une distance de plus de 100 km. Pourtant, il y a, dans un rayon de 80 km de Fort Frances, de vastes terrains se prêtant bien à la foresterie de plantation. Les procédés de fabrication de pâte qu'emploie la Boise Cascade lui permettrait de s'alimenter en essences de résineux et de feuillus à croissance rapide, telles que les peupliers et les mélèzes. C'est pourquoi elle s'intéresse aux autres sources possibles d'alimentation en bois de pâte que créerait la ligniculture à courtes révolutions de ces essences sur des stations appropriées situées à proximité de la fabrique.

Bien qu'il existe de nombreux documents sur la foresterie intensive de courtes révolutions en plantation, la quasi–totalité de la documentation a trait à des régions autres que celle de la forêt boréale. Le projet de recherche, dont la réalisation a commencé en 1986 et doit durer 4 ans, consiste à engager une étude de faisabilité sur pareil programme dans la forêt boréale de l'Ontario. Les objectifs à long terme sont de choisir les matériels de peuplier et de mélèze qui se prêtent à la culture de courtes

Mélèzes laricins 3 années après la plantation sur le terrain (R. Farmer)

révolutions sur des stations des environs de Fort Frances et de mettre au point des méthodes sylvicoles propres à favoriser l'implantation et la croissance rapides. Dans ce contexte, on entend par "courtes révolutions" des révolutions d'environ 30 ans du bois de pâte planté selon des espacements classiques des arbres de plantation.

Le projet comprend 2 phases. La première consiste à choisir et à essayer différents matériels de reproduction de peuplier et de mélèze dans des conditions de pépinière contrôlées, afin de déterminer leur capacité d'adaptation aux conditions du nord–ouest de l'Ontario. Des essais d'une durée de plusieurs années ont été entrepris dans des pépinières de Fort Frances et de Thunder Bay (Ontario) avec le mélèze d'Europe, un mélèze hybride, le mélèze de Dahurie et le mélèze de Sibérie, et avec des provenances de mélèze laricin, de peuplier hybride (*Populus tremuloides* x *P. tremula*), de peuplier deltoïde et d'un certain nombre de peuplier

baumiers hybrides. Au total, 23 lots de semences, 750 clones de mélèze, 75 clones de peuplier et 298 clones de peuplier faux–tremble hybride sont surveillés dans le cadre des expériences. Dans la deuxième phase, on réalise des essais plus poussés, à long terme, sur le terrain à l'aide de matériels choisis pendant les essais préliminaires en pépinière.

Le projet est réalisé de concert par Boise Cascade Canada Ltée, de Fort Frances, et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Boise Cascade a fourni les ressources nécessaires à l'établissement des différents essais et assumera la responsabilité du maintien des essais à long terme sur le terrain une fois que cessera la financement en vertu de l'ECOMVRF.

PROGRÈS:

On a évalué annuellement au cours des essais en pépinière et indiqué dans les rapports annuels de 1987 et de 1988 la croissance et la forme des arbres, les conditions phénologiques (taux d'allongement des pousses, le moment du débourrement et le moment de la chute des feuilles) et la fréquence des dommages causés par le gel. Certains des matériels semblent s'être adaptés aux conditions de la région boréale et être prêts à faire l'objet d'expériences à long terme ou d'essais opérationnels, ou des deux. Les observations préliminaires sur le peuplier faux–tremble hybride portent à croire que son rendement peut être supérieur à celui des peupliers hybrides mieux adaptés. Selon les indications préliminaires, il se peut qu'il ne convienne pas d'employer le mélèze d'Europe et un mélèze hybride à cause de leur sensibilité au gel, bien que les semis de mélèze d'Europe qui n'ont pas été endommagés gravement par le gel aient eu une bonne croissance. Il y a lieu d'évaluer le rendement de toutes les essences de façon plus poussée avant de tirer des conclusions définitives.

Le premier des essais à long terme sur le terrain, qui porte sur 32 clones de peuplier choisis, a été établi dans un ancien champ (limon argileux) près de Fort Frances en 1988. On a incorporé à l'essai différents traitements consistant à améliorer la densité du peuplement et des applications d'engrais à différents dosages. Pendant l'été 1989, on plantera sur le terrain 24 clones de mélèze en vue d'un essai comparable.

Même si l'on ne disposera des résultats finals des essais à long terme sur le terrain et de l'évaluation économique connexe que dans bien des années, le projet réalisé dans le cadre de l'ECOMVRF pose la base de l'établissement de programmes opérationnels de culture intensive en plantation de courtes révolutions dans le nord–ouest de l'Ontario. L'information obtenue au sujet des méthodes sylvicoles à employer pour établir des peuplements forestiers de courtes révolutions et des considérations économiques ayant trait à ces méthodes devrait être applicable à d'autres parties du nord de l'Ontario, bien qu'il soit nécessaire d'assujettir les matériels de reproduction à d'autres essais afin de déterminer leur capacité d'adaptation au lieu particulier.

Date d'achèvement: le 30 septembre 1989

RAPPORTS:

Farmer, R.E. et O'Reilly, G. 1989. Sélection et essai de variétés exotiques de mélèzes et de peupliers pour les régimes à rotation courte du nord–ouest de l'Ontario. p. 81 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Farmer, R.E. et Palmer, C.L. 1987. Development of short rotation silvicultural systems for selected *Populus* and *Larix* in Northwestern Ontario. Annual Report 1987. Rapport classé. 82 p.

Farmer, R.E. et Vella, V. 1988. Development of short rotation silvicultural systems for selected *Populus* and *Larix* in Northwestern Ontario. Annual Report 1988. Rapport classé. 76 p.

Palmer, C.L. 1986. Problem analysis for development of short rotation silvicultural systems for selected *Populus* and *Larix* in Northwestern Ontario. Rapport classé. 139 p.

MOTS–CLÉS:

amélioration des arbres, espacement des arbres du peuplement, essai d'espèce, fertilisation, mélèze de Dahurie, mélèze de Sibérie, mélèze d'Europe, peuplier deltoïde, mélèze hybride, mélèze laricin, peuplements forestiers de courtes révolutions, peuplier baumier, peuplier faux–tremble hybride, sélection clonale, sylviculture intensive

Facteurs influençant l'aménagement forestier intégré sur les terrains forestiers de l'industrie privée.

Numéro de référence du projet: 33011

Chercheur/entrepreneur: R.D. Kreutzwiser, département de géographie, Université de Guelph, Guelph, Ontario

Responsable scientifique: J.H. Smyth, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Décrire le concept de l'aménagement forestier intégré et ses répercussions sur l'aménagement des terrains forestiers privés.

2. Déterminer les facteurs déterminants qui entrent en cause et recommander des modifications pouvant être apportées aux politiques, arrangements institutionnels et attitudes afin de favoriser l'intégration des valeurs n'ayant pas trait au bois à l'aménagement des terrains forestiers de l'industrie privée en Ontario.

Utilisation de la forêt pour la récréation (D. Ortiz)

DESCRIPTION:

Ces dernières années, un nombre grandissant de gestionnaires des terrains forestiers publics ont adopté le principe de l'aménagement forestier intégré (AFI) afin d'associer la protection de l'environnement à l'utilisation des forêts à ressources multiples. D'autre part, l'AFI n'est, tout au plus, que sporadique sur les terrains forestiers de l'industrie privée en Ontario.

Dans le nord de l'Ontario, 5 sociétés ont pour propriété près de 1 million d'hectares de terrains forestiers, dont une grande partie se trouve à proximité des villes vivant de la transformation du bois (Anon. 1982a,b). Les terrains forestiers industriels de ce genre ont toujours été aménagés uniquement en fonction de la production du bois, les valeurs n'ayant pas trait au bois n'étant guère prises en compte. Toutefois, l'AFI présente bien des avantages. Le plus notable est la possibilité de tirer des revenus de l'utilisation récréative des terrains forestiers privés. Les avantages moins directs comprennent l'amélioration des relations avec le public, la réduction du vandalisme et, dans certains cas, l'amélioration de la croissance du bois.

La prise de décision au sein des sociétés est complexe et sujette à des influences variant des attitudes et des motifs personnels à des facteurs externes tels que les forces du marché et les pressions exercées par la société. Le projet a consisté à examiner les facteurs externes et certains facteurs internes comptant parmi les plus faciles à cerner qui déterminent la mesure dans laquelle les propriétaires des terrains forestiers industriels privés du Canada et des États–Unis pratiquent l'AFI. On a, plus précisément, examiné l'influence des politiques gouvernementales, des régimes de tenure des terres, l'ampleur des fonds de terre des sociétés, l'envergure des sociétés et leurs politiques. L'analyse de la mesure dans laquelle la législation peut encourager l'AFI sur les terres privées a présenté un intérêt spécial.

Pour analyser l'influence d'un éventail de facteurs sur les attitudes des sociétés à l'égard de l'AFI, il a fallu mesurer de manière raisonnablement objective le degré d'AFI pratiqué et obtenir de l'information sur les principaux attributs des sociétés. On a établi un indice de l'AFI indiquant le classement de différentes pratiques

d'aménagement du bois sur pied par rapport à la mesure de protection ou de mise en valeur des ressources autres que le bois à débiter qu'elles assurent. Cet indice a été pondéré de manière à favoriser les pratiques ayant été modifiées de facon évidente afin de mettre en valeur d'autres ressources que le bois. L'information sur les facteurs déterminants qu'on n'a pas pu obtenir de sources secondaires et les données nécessaires à l'établissement de la cote de chaque société ont été tirées de questionnaires transmis à 239 entreprises situées dans 26 États des États–Unis et à 13 entreprises de l'Ontario. Les taux de réponses ont été de 43 et de 54 %, respectivement.

PROGRÈS:

En général, les cotes des sociétés des États–Unis ont été plus élevées que celles des sociétés ontariennes (cotes moyennes de 7,32 et de 4,63, respectivement; les cotes ont varié de –5,50 à +20,25, la marge possible étant de –18,50 à +24,50). La taille de l'échantillon des sociétés ontariennes n'a pas permis une analyse statistique des influences que subit l'AFI, mais un certain nombre de conclusions ont été tirées des données sur les sociétés des États–Unis.

Les cotes des sociétés possédant un vaste fonds de terres à l'intérieur d'un même État qui a adopté des politiques globales d'encouragement de l'AFI et de la propriété industrielle étaient plus élevées que les autres. Bien que la quantité des terrains appartenant à l'entreprise à l'intérieur d'un même État a semblé avoir la plus forte influence sur l'AFI, l'analyse a révélé que cette influence diminue dans les cas où le gouvernement a adopté des politiques d'encouragement de l'AFI. Signalons particulièrement que les sociétés de moindre importance ont eu de meilleures cotes dans les États qui ont établi de telles politiques.

La législation sur les pratiques forestières de l'ouest des États–Unis, qui est axée sur la protection de l'environnement et mise à exécution rigoureusement, n'a pas toujours été associée aux cotes les plus élevées. La région où les sociétés ont eu les cotes les plus élevées est celle du Nord–Est, où les politiques mettent l'accent sur les valeurs des forêts n'ayant pas trait à la production de bois, et particulièrement les valeurs fauniques et esthétiques. Les programmes de collaboration à la gestion de la faune et les stimulants fiscaux ont une importante influence, qui dépasse peut–être celle de la législation sur les pratiques forestières. La valeur de l'AFI qui concerne les relations avec le public a semblé, elle aussi, être une considération importante, au moins dans le cas des grandes sociétés forestières. Les sociétés ayant de vastes fonds de terres ont indiqué que l'AFI présente également des avantages économiques.

Bien que seuls 3,5 % des terrains forestiers productifs de l'Ontario appartiennent à des sociétés forestières (en regard de 5 à 48 % dans les 26 états étudiés), les terrains de ces sociétés sont importants sur le plan régional. Quelques sociétés ontariennes ont eu des cotes d'AFI élevées, mais il serait possible d'encourager davantage l'AFI. Les politiques provinciales sur l'aménagement forestier pourraient mettre davantage l'accent sur les valeurs forestières autres que celle du bois, et on pourrait employer des programmes de collaboration à la gestion de la faune et à la promotion des loisirs pour favoriser l'augmentation et l'intégration de l'aménagement forestier. Une aide technique et des stimulants fiscaux pourraient encourager grandement les petites sociétés. De plus, il y a lieu de sensibiliser davantage le public à l'aménagement des terres privées, et particulièrement au rôle de l'industrie du bois dans la gestion des terres. Puisque les grandes sociétés s'intéressent particulièrement aux répercussions de leurs décisions de gestion des terres sur les relations avec le public, les gouvernements et les organisations professionnelles forestières devraient encourager l'établissement de prix à décerner à l'industrie en reconnaissance de son apport à l'AFI.

Date d'achèvement: le 30 juin 1987

RAPPORTS:

Kreutzwiser, R.D. et Wright, C.S. 1987. Final report: Factors influencing integrated forest management on private industrial forest land. Rapport classé. 135 p.

Kreutzwiser, R.D. et Wright, C.S. Factors influencing integrated forest management on private industrial forest land. J. Environ. Manage. (sous presse)

MOTS–CLÉS:

aménagement de la faune, aménagement forestier, aménagement intégré des ressources, foresterie à objectifs multiples, foresterie sur les terres privées, industrie forestière, politique sur les ressources forestières, prise de décision des sociétés, récréation, valeurs forestières

Planification, par degrés d'importance, de l'aménagement intégré des ressources.

Numéro de référence du projet: 33036

Chercheur/entrepreneur: C.A. Benson, Faculté de foresterie, Université Lakehead, Thunder Bay, Ontario

Responsable scientifique: C.D. MacInnes, Section de recherche sur la faune, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIF:

Établir un modèle d'aménagement intégré des ressources qui soit facile à utiliser et fondé sur des valeurs hypothétiques attribuées à l'importance des objectifs de gestion.

Parc provincial Sibley (Min. Rich. Nat. Ont.)

DESCRIPTION:

L'aménagement de nos forêts devient de plus en plus complexe à mesure que la société change et qu'augmentent les exigences imposées à la forêt par différents utilisateurs qui, dans bien des cas, se disputent les ressources. Ces exigences comprennent la conservation de l'habitat des poissons et des autres espèces fauniques, la lutte contre l'érosion et les inondations et la jouissance des ressources sur les plans récréatif et esthétique. Plus les valeurs autres que celle du bois gagnent de l'importance, plus l'aménagement de la forêt pour fin de production de bois fait l'objet d'un examen attentif et de pressions.

Si un des éléments des ressources forestières devient rare ou menacé, le potentiel de conflit entre les utilisateurs augmente. C'est pourquoi le rôle de l'aménagiste forestier se définit maintenant en fonction non pas de la production du bois mais de la gestion de tous les produits et avantages pouvant être tirés des ressources naturelles de la forêt. L'établissement d'un équilibre entre les exigences des différents utilisateurs est d'autant plus compliqué pour les décisionnaires qu'ils doivent tenir compte de facteurs tant qualitatifs que quantitatifs.

L'aménagement intégré des ressources est un des moyens par lesquels l'aménagiste forestier peut cerner et régler des problèmes de planification de la foresterie à objectifs multiples. L'Ontario a établi des lignes directrices qui fixent la production associée à différentes activités fondées sur la forêt (Anon. 1982c, 1983), mais qui n'indiquent pas comment l'aménagement intégré des ressources doit être mis en oeuvre. Le projet est destiné à combler la lacune grâce à l'établissement d'un modèle reposant sur des données tant qualitatives que quantitatives et facile à employer aux fins de l'aménagement intégré des ressources des terres forestières.

PROGRÈS:

L'étude initiale était axée sur 2 des 6 zones d'aménagement, chacune desquelles a un objectif de gestion précis (par exemple valeur faunique, historique ou récréative), que comprend le parc provincial Sibley, situé à environ 40 km à l'est de Thunder Bay (Ontario). À l'intérieur d'un horizon de planification de 10 ans, on a évalué les zones choisies du point de vue de 3 variables (objectifs) de production: production de bois, faune (orignal) et valeur panoramique. Ces variables ont été

quantifiées à la lumière de la structure actuelle du peuplement au sein des zones.

On a fait appel à la programmation linéaire pour déterminer les limites maximale et minimale que chaque variable peut atteindre par suite de 1 de 4 traitements de peuplement (récolte et autres options) sous l'effet des contraintes physiques et opérationnelles appropriées. L'écart entre ces limites, appelé "champ d'établissement de politiques" (Walker 1985), est la marge de compromis possibles entre les utilisations des ressources.

On a employé un modèle d'analyse initiale pour fin de prise de décision (IDA), qui est fondé sur le jugement, pour déterminer les politiques de gestion possibles, leur importance et la politique la plus appropriée. Par la suite, un atelier sur l'IDA a été tenu à l'Université Lakehead en mai 1988 afin d'étalonner et de perfectionner ce modèle. Les participants comprenaient des forestiers professionnels, des biologistes de la faune, des directeurs de parc et des membres du corps enseignant des facultés de foresterie et de loisirs de plein air de l'Université Lakehead.

Les participants à l'atelier ont été initiés aux trois phases principales de la méthode IDA aux fins de l'établissement de politiques sur les ressources:

1. La phase de planification, consistant à déterminer les variables ou objectifs importants et les rapports entre eux. Ces objectifs comprenaient d'autres que les trois qui ont été retenus aux fins du projet.

2. La phase d'expérimentation de politiques, consistant à déterminer des politiques possibles pour répondre aux exigences de chacun des groupes d'intérêt. On a examiné, grâce à une simulation, l'effet qu'auraient les différentes politiques possibles sur la production relative à toutes les variables au cours d'une période de planification de 10 ans.

3. La phase d'évaluation des politiques, consistant à comparer les résultats de l'expérimentation de politiques avec la politique en vigueur et les autres options. La comparaison a indiqué le degré de satisfaction de chaque groupe d'intérêt à l'égard de chacune des politiques. À la lumière de cette comparaison, on a choisi la meilleure politique.

En dernier lieu, on a recouru à l'optimisation d'objectifs pour déterminer les niveaux optimaux des variables de la production de bois, de la faune et de la valeur panoramique. Le niveau-cible associé à chaque variable selon le modèle IDA a été pondéré dans l'optique du "champ d'établissement de politiques" déterminé à l'aide du modèle de programmation linéaire.

Les travaux en cours sont axés sur le perfectionnement des degrés d'importance (ou de satisfaction) grâce à des données économiques et quantitatives.

Le projet met des techniques relevant du domaine des sciences de gestion au service de la planification de l'aménagement des ressources forestières. Il est indispensable qu'un modèle décisionnel efficace soit établi afin que les gestionnaires des forêts et des ressources harmonisent les exigences de différents groupes d'intérêt quant à l'utilisation des terres forestières. L'application de ce modèle peut contribuer à la mise en pratique de la gestion intégrée des ressources et donner aux aménagistes forestiers un utile instrument décisionnel leur permettant d'optimiser les objectifs d'aménagement.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Tak, Kwang-Il. 1988. Integrated resource management planning through the linking of mathematical and judgement-based models. M.Sc.F. thesis, Faculté de Foresterie, Univ. Lakehead, Thunder Bay, Ont. 124 p.

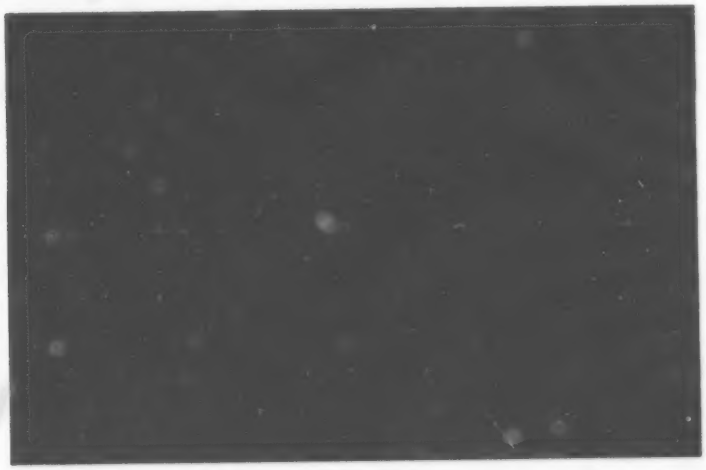
Tak, Kwang-Il et Benson, C.A. 1989. Planification de la gestion integrée des ressources à l'aide de modèles mathématiques ou logiques. p. 109 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

MOTS-CLÉS:

aménagement forestier, aménagement intégré des ressources, foresterie à objectifs multiples, modélisation, optimisation d'objectifs, politique sur les ressources forestières, prise de décisions d'entreprise, valeurs forestières

RELATIONS ECOLOGIQUES

Renseignements de base sur la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario.



À gauche: Évaluation de la texture du sol. En haut: Mosaïque de la forêt boréale (R. Sims)

Plusieurs des projets dont la réalisation est financée dans le cadre du sous–programme de la recherche, du développement et des applications réalisé en vertu de l'Entente Canada–Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières portent sur des aspects de la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario. Ces projets sont décrits dans la présente section. Quant à d'autres projets, dont il est question ailleurs dans le présent recueil, les travaux ont été exécutés ou les résultats ont été présentés dans le cadre écologique de cette classification.

La forêt boréale est loin d'être homogène et, particulièrement en Ontario, elle se caractérise par une variation considérable tant des types de forêts que des conditions des sols. Le changement rapide des conditions topographiques et pédologiques a donné lieu à une mosaïque d'associations végétales, souvent situées très près les unes des autres. Par ailleurs, les différences entre les régimes de succession à l'intérieur des différents écosystèmes ajoutent une complexité temporelle à la complexité spatiale inhérente à la forêt.

Si nous voulons continuer à tirer des avantages économiques, sociaux et environnementaux de la forêt boréale, nous devons mettre au point les instruments capables de pouvoir l'aménager judicieusement. En premier lieu, il faut nous doter d'une classification qui décrit les rapports écologiques et sylvicoles de base qui existent dans la forêt et qui fournit un cadre écologique à la planification de la gestion des forêts et des ressources.

En 1983, Forêts Canada, Région de l'Ontario, et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (MRNO) ont entrepris un programme destiné à établir la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario. Les fonds nécessaires ont été obtenus en vertu de l'Entente Canada—Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières (projets 21001 et 21002 du sous–programme de soutien du renouvellement de l'aménagement forestier) ainsi que de Forêts Canada et des Régions du Centre–Nord et du Nord–Ouest du MRNO. De plus, l'industrie forestière de l'Ontario a joué un important rôle, particulièrement en contribuant au soutien du programme sur le terrain.

La Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario (NWO FEC) (Sims et collab. 1989) est le complément de la Classification des écosystèmes forestiers publiée en 1983 pour la ceinture d'argile du nord–est de l'Ontario (Jones et collab. 1983). Elle constitue l'union et la synthèse de 2 classifications des écosystèmes forestiers qu'étaient en train d'établir les Régions du Centre–Nord et du Nord–Ouest du MRNO, intégrées en une seule classification portant sur l'ensemble du nord–ouest de l'Ontario.

La NWO FEC est fondée sur une des bases de données les plus vastes du globe au sujet de l'écologie boréale. On a étudié en détail environ 1 400 placettes forestières semi–permanentes de la Région du Centre–Nord et 800 placettes de la Région du Nord–Ouest quant aux caractéristiques du sol, du site, de la végétation et des peuplements. À la lumière d'une analyse de la base de données ainsi acquise, la NWO FEC indique les différents états des peuplements de la forêt naturelle et les conditions de site et de sol auxquelles ils sont associés. Le manuel pratique constitue, grâce à la série de clés qu'il comprend, un instrument simple, rédigé en des termes courants, d'identification et de description des conditions du sol et de la végétation. Le guide d'identification sur le terrain qui l'accompagne (Baldwin et Sims 1989) décrit les plantes forestières courantes du nord–ouest de l'Ontario.

La NWO FEC pose le cadre fondamental de l'organisation et de la communication des connaissances sylvicoles, et devrait aider à la prise de décision en matière de planification de la gestion des forêts et des ressources. Différentes interprétations et lignes directrices sylvicoles ayant trait aux types de végétation et de sols que comprend la CEF ont été préparées (Racey et collab. 1989) ou sont en train de l'être. Les exemples comprennent des prescriptions ou des prévisions, fondées sur la CEF, au sujet du danger de gonflement dû au gel, du risque d'érosion, du risque d'infestation par les tordeuses, de la fréquence des pourridiés, de l'intensité de la concurrence de la végétation, de la récolte, du traitement des stations d'espèces mélangées, de la sélection des espèces, du choix de l'équipement de préparation de site et du brûlage dirigé. Ces prescriptions et prévisions, jumelées à la classification même, permettront à l'aménagiste d'intensifier la gestion des terres forestières et des ressources fauniques en se fondant sur une base scientifique.

RAPPORTS:

Sims, R.A. 1989. Northwestern Ontario's forest ecosystem classification: concepts and choices. *Dans* Proc. Site Specific Silviculture Workshop. Ont. Min. Nat. Resour., Northwestern Ont. For. Technol. Devel. Unit, Thunder Bay, Ont. Tech. Workshop Rep. 3. (sous presse) Ceci donne une vue d'ensemble assez claire du système NWO FEC.

Trois exposés portant sur la NWO FEC ont fait l'objet de présentations lors de l'exposition du Salon de la recherche forestière en novembre 1989. Celles–ci sont inscrites dans: Smith, G.K.M. et Bates, D. (Co–présidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18. 151 p. + 20 p. supplement.

Trois guides sur la CEF ont été publiés en 1989:

Baldwin, K.A. et Sims, R.A. 1989. Field guide to common forest plants of northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 344 p.

Racey, G.D., Whitfield, T.S. et Sims, R.A. 1989. Northwestern Ontario forest ecosystem interpretations. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 80 p.

Sims, R.A., Towill, W.D., Baldwin, K.A. et Wickware, G.M. 1989. Field guide to the forest ecosystem classification for northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 120 p.

MOTS–CLÉS:

classification des écosystèmes forestiers, écologie forestière, transfert de la technologie

Élément de recherche de la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33022 et 33022A

Chercheur/entrepreneur: Hunter and Associates Limited, Mississauga, Ontario (phase 1)
G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario (phase 2)

Responsable scientifique: R.A. Sims, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Phase 1: Réaliser une évaluation objective de la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario (NWO FEC) en procédant à des essais d'application sur le terrain dans la région du centre–nord de l'Ontario et relever les difficultés et les aspects qui peuvent être améliorés.

2. Phase 2: Rédiger 2 rapports fondés sur la base de données de la Classification des écosystèmes forestiers, l'un indiquant des toposéquences courantes, et l'autre décrivant l'autécologie des principales espèces arbor–icoles de la région du centre–nord de l'Ontario.

DESCRIPTION:

Un programme de classification des écosystèmes forestiers, axé sur les forêts commerciales, est en cours dans le nord–ouest de l'Ontario depuis 1983. Au cours de cette période, environ 1 400 placettes forestières du centre–nord et 800 placettes du nord–ouest de la province ont été étudiées quant aux caractéristiques du sol, du site, de la végétation et des peuplements.

Une analyse de la vaste base de données ainsi constit–uée a servi à établir une classification écologique des stations forestières ventilée principalement par type de végétation et par type de sol. Cette classification, destinée à un usage pratique, indique les différents états des peuplements qu'on trouve dans la forêt naturelle et les états de site et de sol auxquels ils sont associés (Sims et collab. 1989).

Le projet prévoyait la validation et le perfectionnement de l'ébauche de la NWO FEC de même que la rédaction de 2 rapports résumant des aspects précis de la classification. On a soumis celle–ci à des essais sur le terrain dans le centre–nord de l'Ontario, afin de relever les difficultés que présente son application dans un contexte d'exploitation et d'apporter les modifications nécessaires aux légendes et aux feuilles d'information. Des photographies en couleurs ont été prises pour illustrer des types de peuplements, des espèces végé–tales boréales et des états de site ou de sol représentatifs.

Classification des peuplements forestiers selon le NWO FEC (R. Sims)

De plus, on a réalisé une étude de vérification sur le terrain dans 2 secteurs du centre–nord de l'Ontario, afin d'évaluer l'utilité de la NWO FEC pour la cartographie et la photo–interprétation. Chaque secteur mesurait 10 sur 10 km et comprenait un vaste éventail de types de couvert végétal, de types géomorphologiques et de caractéristiques de sol ou de site. Les relevés au sol comprenaient le prélèvement d'échantillons pour déterminer la texture et la profondeur du sol, des

classifications selon la NWO FEC et des mesures de la densité et de la hauteur des arbres.

La base de données de la NWO FEC comprend beaucoup d'information qui peut être divisée et résumée afin de décrire et d'étudier en détail différentes caractéristiques et rapports à l'intérieur des forêts de la région. La phase 2 a amorcé cette démarche par la préparation de 2 rapports techniques fondés sur l'interprétation de l'information extraite de la base de données.

Le premier rapport traite des toposéquences (formes de développement des sols et de la végétation par rapport à la situation topographique) qui sont courantes dans le nord–ouest de l'Ontario. Pendant que s'effectuait la collecte de données sur le terrain pour la NWO FEC, on a souvent choisi les peuplements d'échantillonnage en série le long des principaux gradients topographiques. On a extrait de la base de données de la NWO FEC les toposéquences les plus courantes que présentent de typiques complexes de types géomorphologiques, et on a conçu un format pour une représentation schématique des différences entre la végétation et les sols des toposéquences.

Le deuxième rapport, reposant sur la base de données de la NWO FEC et la documentation existante, décrit l'autécologie des principales espèces arboricoles de la forêt boréale du centre–nord de l'Ontario. Ce rapport d'ensemble résume l'information existante sur la distribution et les caractéristiques écologiques de 12 espèces (épinette noire, épinette blanche, sapin baumier, pin gris, pin rouge, pin blanc, mélèze laricin, thuya occidental, bouleau à papier, frêne noir, peuplier faux–tremble et peuplier baumier) en regard des unités de la NWO FEC et d'autres caractéristiques de l'habitat. En outre, le rapport comprend de l'information sur les traits distinctifs, le cycle de vie typique, la phénologie, l'habitat général, la productivité et les considérations d'aménagement ayant trait à chaque espèce.

PROGRÈS:

Les essais sur le terrain ont mis en évidence un certain nombre de difficultés mineures d'application de l'ébauche de la NWO FEC, ce qui a nécessité la révision et le remaniement des règles de prise de décision afin d'assurer l'uniformité de la terminologie et d'éliminer l'ambiguïté. Le guide pratique de la NWO FEC est en voie de publication (Sims et collab. 1989).

Dans le cadre de la validation sur le terrain, on a prélevé des échantillons de la végétation de sous–étage d'unités représentatives de la NWO FEC dans les différentes parties du centre–nord de l'Ontario. Des spécimens d'environ 100 plantes forestières courantes ont été conservés, moyennant une réplication suffisante pour permettre l'établissement de collections de référence dans plusieurs bureaux de district de la région.

Les données obtenues au cours de l'étude de vérification sur le terrain ont servi à préparer des cartes d'interprétation détaillées grâce à la technologie du Système d'information géographique ainsi qu'à concevoir et à préciser les légendes de photo–interprétation relatives à la NWO FEC.

Deux rapports techniques cités ci–bas (Baldwin 1989, Wickware 1989) seront publié en 1990.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Baldwin, K.A. 1988. Forest ecosystem classification – North Central Region. Hunter and Assoc. Ltd., Mississauga, Ont. Rapport classé. 12 p.

Wickware, G.M. 1989. Common landform toposequences of Northwestern Ontario. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. Rapport classé. 40 p.

Wickware, G.M. 1989. Études menées dans la région du centre–nord de l'Ontario sur la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario. p. 31–32 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Co–présidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Wickware, G.M. et Kershaw, M.K. 1989. Final report: Autecology of major tree species of the North Central Region, Ontario. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. Rapport classé. 120 p.

Une partie de l'information obtenue dans le cadre de ce projet a été présentée pendant le Salon de la recherche forestière lors de l'exposé général sur la NWO FEC (voir la page 37).

MOTS–CLÉS:

autécologie, bouleau à papier, classification des écosystèmes forestiers, classification des sols, écologie forestière, épinette blanche, épinette noire, frêne noir, mélèze laricin, peuplier baumier, peuplier faux–tremble, photo–interprétation, pin blanc, pin gris, pin rouge, sapin baumier, systèmes d'information géographique, thuya occidental, toposéquences, types géomorphologiques

Établissement d'un cours sur les sols et les types géomorphologiques du nord–ouest de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33038

Chercheur/entrepreneur: G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario

Responsable scientifique: R.A. Sims, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Établir un programme de cours, y compris des documents à distribuer pendant le cours, des exposés audio–visuels et une bibliographie, afin de diffuser les connaissances techniques acquises au sujet des rapports entre les sols et les types géomorphologiques dans le nord–ouest de l'Ontario.

DESCRIPTION:

Vu la tendance à l'intensification de l'aménagement des forêts de l'Ontario, les gestionnaires des ressources doivent acquérir une connaissance claire des états des peuplements de la forêt naturelle et des conditions des sols et des sites auxquelles ils sont associés. La compréhension des rapports entre les sols et les sites est nécessaire pour créer un vaste éventail d'activités de sylviculture et de planification de l'aménagement forestier et, ce qui importe tout autant, pour voir à ce que ces activités se déroulent principalement sur les terres forestières les plus productives.

La Classification des écosystèmes forestiers de la ceinture d'argile du nord–est de l'Ontario (Jones et collab. 1983) et son pendant applicable au nord–ouest de cette province (NWO FEC) (Sims et collab. 1989), qui a été achevé dernièrement, contribuent grandement à la réponse au besoin de connaissances en question. De plus, un programme de cartographie d'inventaire des terres de choix réalisé par la Région du Centre–Nord du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (MRNO) pose la base d'une stratification des terres forestières afin de déterminer les secteurs se prêtant le mieux à la production ligneuse.

Ces programmes, qui sont fondés partiellement sur la reconnaissance et la compréhension des caractéristiques des sols et des types géomorphologiques, sont

Cours de formation sur la CEF (R. Sims)

d'une importance cruciale pour la mise en oeuvre d'une stratégie d'intensification de l'aménagement forestier. C'est pourquoi il faut que tous les aménagistes forestiers sachent très bien comment les mettre en pratique.

Bien des forestiers, du milieu tant industriel que gouvernemental, pourraient profiter d'une formation supplémentaire sur le terrain ayant trait aux méthodes de description des sols et des sites ainsi qu'à l'interprétation de l'information pédologique à des fins de planification. Une certaine formation a déjà été donnée dans le nord–ouest de l'Ontario en vertu du programme de la NWO FEC: de 1985 à 1989, des cours pratiques de 3 à 4 jours ont été donnés, y compris des cours sur les principes de base de la description des sols et la végétation de la forêt boréale.

Le projet prévoyait un troisième cours pratique portant sur les rapports entre les sols et les types géo–

morphologiques dans le nord–ouest de l'Ontario. Le travail a consisté à examiner et à résumer toute l'information pertinente à la préparation du programme de ce cours de 4 jours. Cela comprenait de l'information de base; des documents à distribuer pendant le cours; des trousses d'information; des exposés audio–visuels (diaporamas, transparents de rétroprojection, graphiques muraux, cartes et couples–photos stéréoscopiques), des ordres du jour et des calendriers; le choix des lieux des excursions sur le terrain; des cartes; des transparents de photographies aériennes avec notes explicatives; un ensemble d'exercices détaillés à réaliser en laboratoire et sur le terrain; et une ébauche de manuel de l'instructeur, pleine documentation à l'appui. L'entrepreneur a donné le cours 2 fois à titre d'essai pendant l'été 1988, ce qui a permis d'apporter les modifications nécessaires à son amélioration à la lumière des observations des participants.

PROGRÈS:

Le cours a été bien reçu et donné plusieurs fois, depuis les essais initiaux, à Thunder Bay et à Dryden (Ontario). Il traite de tous les aspects des rapports entre les sols et les types géomorphologiques dans le contexte de la foresterie. Ses composantes portent sur l'évolution des dépôts et des formations glaciaires du nord–ouest de l'Ontario; l'évolution et la distribution des différents types de sols; les caractéristiques et la distribution des types géomorphologiques courants et des complexes des types géomorphologiques; et l'intégration de l'information sur les sols et les types géomorphologiques à la photo–interprétation, à la cartographie forestière et à la planification des ressources. Le cours est axé sur le travail pratique et comprend des exercices collectifs de cartographie.

Le projet a permis de préparer une documentation de cours complète, comprenant des montages audio–visuels et une ébauche détaillée du manuel de l'instructeur. La version définitive de ce manuel a été réalisée par R.A. Sims, Forêts Canada, Région de l'Ontario, et le personnel du service de perfectionnement de la technologie forestière du nord–ouest de l'Ontario, du MRNO. Bien que le cours soit nettement axé sur la situation dans le nord–ouest de l'Ontario, il devrait être facile d'adapter à d'autres régions de la province les grandes lignes de son programme et la méthode pédagogique employée.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Wickware, G.M. 1989. Instructors' manual and guide: Soils–landform relationships of northwestern Ontario. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. Rapport classé. 37 p. + annexes.

Une partie de l'information obtenue dans le cadre de ce projet à été présentée pendant le Salon de la recherche forestière lors de l'exposé général sur la NWO FEC (voir la page 37).

MOTS–CLÉS:

classification des écosystèmes forestiers, écologie forestière, évolution glaciaire, formations superficielles, habitats forestiers, matériel pédagogique, rapports entre les sols et les sites, transfert de la technologie, types de sites, types géomorphologiques

Préparation d'un guide de poche sur l'écologie forestière de certaines essences résineuses et espèces concurrentes sélectionnées dans le nord–ouest de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33049

Chercheur/entrepreneur: F.W. Bell, Thunder Bay, Ontario

Responsable scientifique: R.A. Sims, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

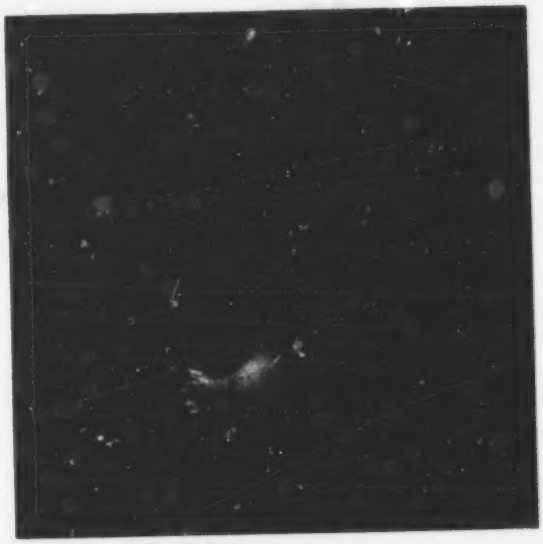
OBJECTIF:

Préparer un guide pour le travail sur le terrain, à l'intention des aménagistes de la végétation et des forestiers, qui traite: (a) des facteurs essentiels de l'écologie forestière de 5 essences de résineux et de 23 espèces ligneuses et herbacées sélectionnées qui font concurrence aux conifères dans le nord–ouest de l'Ontario, et (b) de la réaction de ces espèces concurrentes aux traitements sylvicoles et à l'exploitation des peuplements.

DESCRIPTION:

La présence d'autres espèces dans les peuplements de résineux nuit souvent à l'implantation et à la croissance de ces peuplements, en raison de la concurrence qui s'établit. D'un point de vue sylvicole, la végétation concurrente inclut tout arbre, tout arbuste, toute herbe non graminéenne et toute graminée qui nuit à la survie ou à la croissance des arbres du peuplement final. Afin de pouvoir atteindre leurs objectifs en matière d'aménagement forestier, tout en tenant compte des préoccupations environnementales visant une réduction de l'utilisation des herbicides, les forestiers doivent trouver les meilleurs moyens d'influer sur l'implant–ation et la croissance des espèces concurrentes.

Tout bon aménagement de la végétation doit être fondé sur une connaissance exhaustive des principes écologiques et des différents stades de succession. Le forestier doit également connaître les habitudes de croissance et les caractéristiques écologiques de chaque espèce concurrente, y compris leur importance pour la gestion de la faune et leur réaction aux traitements sylvicoles et à l'exploitation des peuplements. La Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario (NWO FEC) (Sims et collab. 1989) établit



Coudrier à long bec (R. Sims)

un cadre qui permet de décrire l'état de la végétation et du peuplement dans les forêts naturelles, ainsi que l'état des différents sites et des sols auxquels on les associe. Cette base de données ne permet toutefois pas au forestier ou au biologiste de faire des prévisions éclairées sur le développement de la végétation après exploit–ation dans les différents types d'écosystèmes, et ce même si les ouvrages traitant du sujet renferment bon nombre de données pertinentes.

L'objectif de ce projet est de réunir, sous forme de guide pour le travail sur le terrain, des renseigne–ments pratiques sur l'écologie forestière de certains résineux et espèces concurrentes dans le nord–ouest de l'Ontario, qui aideront le forestier dans l'élaboration des stratégies d'aménagement. Le projet ne prévoit aucune nouvelle recherche; les renseignements sont extraits principalement des ouvrages pertinents dans le domaine,

auxquels s'ajoutent des données sur les sols et les sites extraites de la base de données du système NWO FEC.

PROGRÈS:

L'examen des ouvrages pertinents dans le domaine est maintenant terminé, et nous procédons actuellement à la préparation de la version préliminaire du guide de poche, qui devrait être publiée en 1990. Tous les ouvrages de référence et résumés reliés au projet ont été entrés dans la base de données informatique et ils pourront être distribués aux scientifiques, aux bibliothèques, aux centres de développement de la technologie, etc., intéressés, une fois le travail terminé.

Le guide contiendra des renseignements sylvicoles et écologiques sur 5 essences de résineux (épinette noire, épinette blanche, sapin baumier, pin gris et pin rouge) et 23 espèces ligneuses et herbacées avec lesquelles peut s'établir une concurrence (notamment le peuplier faux–tremble, le peuplier baumier, le bouleau à papier, le coudrier à long bec et l'érable à épis).

Le guide présentera, pour chaque espèce, des renseignements sur l'identification et la taxonomie, l'autécologie dans le contexte du système NWO FEC, la phénologie, ainsi que les habitudes de reproduction et de croissance. Les données sur les caractéristiques de reproduction porteront notamment sur la phénologie de la floraison, l'âge de la production des premières semences, la frequence et l'abondance de production de semences, la maturation et la chute des semences, la longévité et la viabilité des semences, les exigences de germination et la reproduction végétative. Au nombre des caractéristiques de croissance étudiées, mentionnons la forme de l'espèce (arbre, arbuste, herbe), la longévité, la taille adulte, le taux et la phénologie de croissance, ainsi que la phénologie du débourrement, de l'allongement et de la chute des feuilles et la dormance.

En outre, les espèces potentiellement concurrentes seront évaluées en fonction de leurs effets et des mécanismes de concurrence, de leur valeur pour la faune ainsi que de leurs réactions à l'exploitation du peuplement et aux traitements sylvicoles, notamment leur adaptation à ces traitements (par exemple élimination du couvert forestier, feu, coupe et pâturage, utilisation d'herbicides, bouleversement du sol et fertilisation). Enfin, les 5 essences résineuses seront évaluées en fonction de leur réaction à la compétition et de leur capacité à réagir aux coupes de dégagement des différentes espèces concurrentes.

Le guide ne fournit pas de méthodes précises pour lutter contre la végétation concurrente; il permet plutôt aux aménagistes forestiers d'élaborer des stratégies d'aménagement propres à chaque site, en se fondant sur des critères écologiques et phénologiques. La connaissance des caractéristiques autécologiques des principales espèces concurrentes pourrait également contribuer à modifier l'orientation des stratégies d'aménagement, de manière à ce que celles–ci soient davantage axées sur la prévention plutôt que sur la mise en place de correctifs.

Date d'achèvement: le 31 mars 1991

RAPPORTS:

Une partie de l'information obtenue dans le cadre de ce projet à été présentée pendant le Salon de la recherche forestière lors de l'exposé général sur la NWO FEC (voir la page 37).

MOTS–CLÉS:

bouleau à papier, classification des écosystèmes forestiers, coudrier à long bec, écologie forestière, élimination des mauvaises herbes, épinette blanche, épinette noire, érable à épis, habitats forestiers, habitudes de reproduction, peuplier baumier, peuplier faux–tremble, phénologie, pin gris, pin rouge, relations sol/site, sapin baumier, transfert de la technologie, végétation concurrente

Établissement d'une monographie sur les sols des forêts et les boisés de la région du sud de la baie James, dans le nord de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33048

Chercheur/entrepreneur: G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario

Responsable scientifique: R.A. Sims, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Préparer et faire publier une monograhie technique sur les sols organiques et minéraux associés aux écosystèmes des forêts et des boisés de la région du sud de la baie James, dans le nord de l'Ontario.

Plaine sud de la baie James (R. Sims)

DESCRIPTION:

Au moins un quart des terres de l'Ontario appartiennent aux milieux subarctiques, dominés par les tourbières, des basses terres de la baie d'Hudson. Contrairement au reste de ces basses terres, qui se trouvent au nord de la limite des arbres marchands, la région du sud de la baie James abrite une forêt qui croît bien sur les sols productifs associés aux bassins de cours d'eau les plus importants. Toutefois, même dans cette région, les peuplements forestiers sont d'ordinaire de faible envergure, disséminés et de qualité variable. Les peuplements sont habituellement dominés par l'épinette noire, le mélèze laricin, le pin gris, le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble, qui sont tous des espèces pouvant présenter un intérêt commercial.

Sur le périmètre méridional des basses terres de la baie d'Hudson, soit au sud et au sud-ouest de la baie James, on a déjà entrepris l'exploitation commerciale de l'épinette noire. Cet empiètement industriel sur les forêts du sud des basses terres se poursuivra sans doute et augmentera probablement. Les arbres de la région représentent un important pool génique constitué d'espèces qui se sont adaptées avec le temps à des conditions de croissance nécessairement plus difficiles que celles qui existent dans les forêts plus méridionales. Il est nettement indispensable de bien comprendre les rapports écologiques entre les vulnérables forêts subarctiques en question et les écosystèmes qui les entourent, afin de les aménager dans le futur et d'évaluer adéquatement les différentes demandes d'utilisation des terres sur lesquelles elles se trouvent. Il est particulièrement nécessaire d'obtenir une meilleure information sur les caractéristiques, la formation et la capacité de production forestière des sols de la région.

Un relevé détaillé des écosystèmes des basses terres de la baie d'Hudson (Cowell et collab. 1979) a été réalisé par le personnel de la Direction générale des terres fédérales, le Service canadien de la faune et Forêts Canada pendant la période de 1977 à 1980. Bien que les travaux aient donné lieu à de nombreux rapports et autres publications, on n'a jamais terminé un rapport définitif sur les sols du sud des basses terres. Le projet a consisté à recueillir et à interpréter l'information obtenue antérieurement et à l'intégrer à de nouvelles données dans un rapport technique concernant les sols de la région du sud de la baie James. Ce rapport comprend de l'information technique et une revue de la documentation sur les caractéristiques des profils pédologiques, la composition chimique des sols et les rapports entre ceux-ci, le couvert végétal et l'hydrologie.

PROGRÈS:

En étroite collaboration avec le responsable scientifique, l'entrepreneur a mis au point la présentation du rapport, a réalisé une revue exhaustive de la documentation et a assemblé les différentes bases de données disponibles avant de commencer à rédiger le rapport. Le responsable scientifique a étudié chaque section du rapport dès qu'elle était complétée. L'entrepreneur a établi une version définitive du rapport comprenant des graphiques, des photographies et des tableaux.

Le rapport donne une vue d'ensemble des sols de la région du sud de la baie James, à la lumière d'études pédologiques sur plus de 120 sites. Il présente de l'information sur les propriétés chimiques et les caractéristiques physiques des sols, ainsi que des descriptions des profils pédologiques, et en indique les rapports avec les principaux types de couvert végétal, y compris plusieurs types de forêts et de boisés.

Il s'agit d'un rapport technique descriptif illustré qui peut intéresser les planificateurs de l'utilisation des terres et les gestionnaires des ressources ainsi que les scientifiques, particulièrement les écologistes et ceux qui s'occupent de recherche sur les zones humides. Le rapport comprend une quantité considérable d'informations de base nouvelles sur les sols de la région du sud de la baie James, dont des renseignements qui seront utiles aux fins de l'interprétation nécessaire aux activités actuelles et futures d'aménagement forestier dans le sud des basses terres.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Cowell, D.W. et Wickware, G.M. 1989. Organic and mineral soils of the southern James Bay zone in relation to landform and vegetation physiognomy. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. Rapport classé. 39 p.

Wickware, G.M. 1989. Études menées dans la région du centre–nord de l'Ontario sur la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario. p. 31–32 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Co–présidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

basses terres de la baie d'Hudson, écologie forestière, hydrologie, propriétés chimiques des sols, rapports entre les sols et les sites, rapports pédologiques, tourbières, transfert de la technologie, types de sols, types géomorphologiques

Liens entre l'état du peuplement et du site et l'abondance de la régénération préexistante de l'épinette noire dans la région du centre–nord de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33037

Chercheur/entrepreneur: G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario

Responsable scientifique: V.F. Haavisto, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

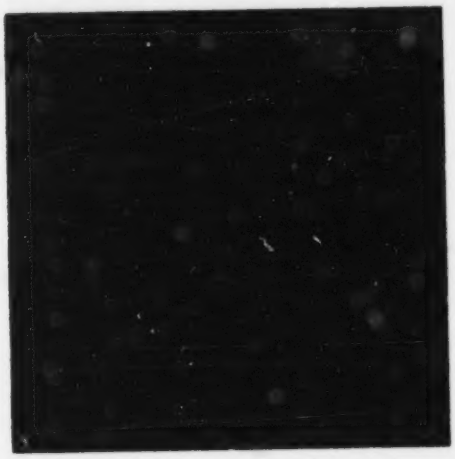
Étudier les liens entre l'état du peuplement et du site et l'abondance de la régénération préexistante de l'épinette noire dans la région du centre–nord de l'Ontario.

DESCRIPTION:

La régénération préexistante de l'épinette noire (régénération naturelle qui s'établit dans la végétation en sous–étage) se produit à différents degrés dans l'ensemble des forêts de la région du centre–nord de l'Ontario. Dans les forêts où ce phénomène est très répandu, la régénération préexistante pourrait s'avérer une source facile de régénération après la récolte. Dans la Ceinture d'argile de l'Ontario, bon nombre des peuplements actuellement récoltés sont issus de la régénération préexistante qui a résisté aux travaux d'exploitation avec chevaux durant les années 30 (Virgo 1975). Aujourd'hui, toutefois, on ne peut plus compter sur la régénération préexistante de l'épinette noire comme source de régénération, et ce pour les deux raisons suivantes: (1) cette essence est souvent endommagée ou détruite durant la récolte mécanique et (2) les conditions et les types de peuplements favorables à une forte régénération préexistante de l'épinette noire sont mal définis.

Ce projet avait pour but de déterminer la fréquence et la distribution du processus de régénération préexistante de l'épinette noire dans les différents types de sols et de sites présents dans la région du centre–nord de l'Ontario. Cette étude a été menée conformément au cadre défini dans la Classification des écosystèmes forestiers du nord–ouest de l'Ontario (NWO FEC) (Sims et collab. 1989). Un deuxième objectif était d'examiner et de décrire un certain nombre de peuplements d'épinettes noires de seconde venue issus de la régénération préexistante.

La base de données pour ce projet a été constituée à partir de 1 300 parcelles semi–permanentes établies de 1983 à 1986, durant l'élaboration de la NWO FEC; ces parcelles représentaient les différents types de peuplements, de sols et de sites présents dans l'ensemble de la région du Centre–Nord. Un sous–échantillon de ces parcelles, représentant tous les types de végétation, de sols, de sites et d'écosystèmes à l'intérieur de la parcelle–échantillon de la NWO FEC, a aussi été sélectionné. Bien que l'objectif était d'échantillonner 10 parcelles pour chaque type de végétation de la région, ce qui aurait fait 250 parcelles, seulement 238 parcelles ont été sélectionnées au total. Un échantillon de 10 peuplements représentatifs d'épinettes noires de seconde venue issus de régénération préexistante a également été décrit conformément aux procédures normales prévues dans le système NWO FEC.



Régénération préexistante issue de marcottes (G. Wickware)

Des relevés du terrain ont été effectués dans chaque parcelle NWO FEC de 10 sur 10 m sélectionnée suivant les critères précités, dans le but de recueillir des données sur la végétation, le sol, le site et le peuplement. À l'intérieur de chaque parcelle, toutes les épinettes noires et les épinettes blanches, ainsi que tous les pins gris et tous les sapins baumiers de régénération préexistante, répartis en 4 catégories de grosseur (1–10, 10–50, 50–200 et plus de 200 cm de hauteur, et jusqu'à 2,5 cm de diamètre à hauteur de poitrine), ont été dénombrés dans 20 quadrats de 2 sur 2 m. Des analyses de régression

ont été utilisées pour déterminer les liens entre d'une part la proportion de surface occupée et la densité de la régénération préexistante et d'autre part les divers paramètres des peuplements, des sols et des sites. Ces données ont ensuite servi à la mise au point d'un modèle pour prévoir le taux de régénération préexistante de l'épinette noire dans chaque type NWO FEC.

PROGRÈS:

À l'intérieur des peuplements examinés, 96 % de la régénération préexistante de l'épinette noire a été obtenue par marcottage. Certains types de végétation affichaient une densité de régénération préexistante moyenne plus élevée (par exemple peuplements mixtes constitués principalement de feuillus, 1 136 tiges/ha; peuplements mixtes constitués essentiellement de résineux, 2 604 tiges/ha; peuplement résineux mélangé, 2 670 tiges/ha). La fréquence des semis et de la régénération préexistante de l'épinette noire était également reliée en fonction du type de sol, une faible densité étant observée sur bon nombre des 29 types de sols échantillonnés. Alors que les semis étaient absents des sols peu profonds, les marcottes étaient présentes dans tous les types de sols et plus particulièrement dans les sols peu profonds. La plus forte densité a été observée sur les sites plus humides et ceux caractérisés par une forte couche d'humus.

L'étude révèle que la proportion de surface occupée par la régénération préexistante de l'épinette noire est généralement faible et très variable, bien que tous les types de végétation et de sols aient affiché une certaine proportion de surface occupée. Ce n'est que dans les marécages sans valeur commerciale (NWO FEC type V38) que la proportion moyenne de surface occupée a dépassé 60 %. 3 autres types de végétation ont affiché des moyennes supérieures à 40 % (NWO FEC types V20, V34 et V37); dans l'ensemble, toutefois, les pourcentages ont varié de 5 à 90 %. Dans les quatre cas précités, il s'agissait de sites humides dominés par l'épinette et constitués d'une épaisse couche d'hypnum en surface ou d'une couche organique constituée principalement de *Sphagnum*. Si la majeure partie de cette régénération préexistante pouvait être protégée des activités de coupe, cela pourrait être suffisant pour assurer une proportion de surface occupée adéquate après la récolte.

La plus forte densité de régénération préexistante a été observée sur les sites humides et faibles en éléments nutritifs. Ainsi, les peuplements les plus favorables à une forte régénération préexistante de l'épinette noire sont ceux situés sur des sols organiques, bas et humides ou encore les sites faibles en éléments nutritifs, situés en terrains élevés et dominés par l'épinette noire. Les peuplements mixtes situés en terrains élevés et abritant de nombreuses espèces arbustives et herbacées différentes ne semblent afficher qu'un taux limité de régénération préexistante, ce qui pourrait s'expliquer peut-être par l'état plus sec du sol en surface et les possibilités réduites de marcottage.

Etant donné la réduction des sommes allouées à la régénération et les besoins croissants en reboisement, la régénération préexistante constitue une solution attrayante et peu coûteuse pour l'épinette noire. Les recherches effectuées dans le cadre de ce projet révèlent que certains types de végétation de la NWO FEC, dans la région du centre-nord de l'Ontario, affichent une régénération préexistante de l'épinette noire relativement abondante. Les résultats obtenus permettront aux responsables de l'aménagement forestier de déterminer dans une certaine mesure quels sont les types de végétation, de sols, de sites et de peuplements susceptibles d'afficher un taux de régénération préexistante qui soit suffisant pour justifier la mise en place d'un système d'exploitation qui ne nuise pas à ce processus.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Wickware, G. 1989. Final report: Stand and site conditions associated with abundance of black spruce and balsam fir advance growth in the North Central Region of Ontario. Rapport classé. 62 p.

Wickware, G.M. 1989. Études menées dans la région du centre-nord de l'Ontario sur la Classification des écosystèmes forestiers du nord-ouest de l'Ontario. p. 31-32 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Co-présidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

Wickware, G.M., Towill, W.D. et Sims, R.A. Site and stand conditions associated with the occurrence and abundance of black spruce advance growth in North Central Ontario. *Dans* Proc. IUFRO Northern Forest Silviculture and Management Systems Symposium (Working Party S1.05-12), Gander, Nfld., août 1989. For. Can., Région de Terreneuve, St. John's, Nfld. (sous presse)

MOTS-CLÉS:

aménagement forestier, classification des écosystèmes forestiers, écologie forestière, épinette noire, forêt de seconde venue, marcottage, régénération naturelle, régénération préexistante

Évaluation d'amibes testacées (Rhizopoda: Protozoa) en tant qu'indicateurs de l'humidité et de l'oxygénation du sol des tourbières.

Numéro de référence du projet: 33044

Chercheur/entrepreneur: B.G. Warner, département des sciences de la terre et institut des sciences du quaternaire, Université de Waterloo, Waterloo, Ontario

Responsable scientifique: J.K. Jeglum, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Caractériser les microsites des tourbières d'après la microfaune amibienne testacée du sol de différents types de sites du bassin versant de la région de Wally Creek, dans le nord de l'Ontario.

2. Établir un système d'étalonnage de l'humidité du sol des tourbières fondé sur la présence de microfaune amibienne testacée.

DESCRIPTION:

Les amibes testacées (Rhizopoda: Protozoa) sont un des éléments dominants de la microfaune du sol des tourbières à sphaignes. Selon les estimations de leur abondance, chaque gramme (poids humide) de sol des tourbières à sphaignes de l'Ontario peut contenir 47 000 amibes (Warner 1987). Environ 35 taxons sont confinés aux habitats de tourbière à sphaignes, et une moyenne de 12 à 16 d'entre eux coexistent dans tout type d'habitat de ce genre. L'éventail des conditions écologiques que doit remplir leur habitat est relativement étroit, et ces conditions sont tellement précises dans le cas de certains taxons ou assemblages que leur présence peut être restreinte à un seul type de microsite.

Les amibes testacées se caractérisent par leur enveloppe (ou test) distinctive, qui se compose de couches de matières organiques, de particules de sol, d'hyphes et de diatomées cimentées de manière à former des plaques précisément ajustées. Ces enveloppes ne sont pas sujettes à la décomposition et demeurent dans la tourbe (ou le sol) pendant de nombreuses années. Les caractéristiques des enveloppes et leur abondance dans la tourbe permettent de déterminer les conditions antérieures du sol, pour des périodes de quelques décennies ou de milliers d'années, simplement en extrayant les enveloppes d'une série de carottes contiguës.

L'amibe testacée, Nebela parvula *(B. Warner)*

L'information écologique dont on dispose au sujet des amibes testacées sphagnicoles d'Europe et d'Amérique du Nord indique que les conditions d'oxygénation et d'humidité du sol sont d'importants facteurs déterminants de la présence et de la distribution de ces organismes microfauniques (Warner 1987). Les travaux sur la composition et la distribution des communautés d'amibes testacées qui ont été accomplis dans le sud de la Finlande ont révélé qu'un maximum de 10 communautés distinctes peuvent se trouver tant dans des tourbières drainées et plantées à des fins sylvicoles que dans des tourbières vierges.

Le projet est destiné à caractériser les microsites des tourbières dans le cadre du projet de drainage forestier de la région de Wally Creek (voir aussi la page 13) d'après leur microfaune amibienne testacée. Puisque la distribution tant des racines des arbres que des amibes testacées dans le sol est influencée par l'oxygénation de celui-ci et sa teneur en humidité, la détermination des

populations d'amibes testacées peut être un utile moyen d'évaluer le potentiel forestier des sites des tourbières.

PROGRÈS:

En 1987, plus de 1 000 échantillons de tourbe de surface et de sol de la couche supérieure ont été prélevés dans le cadre du projet 33029 réalisé en vertu de l'ECOMVRF (voir la page 13) sur tous les types de sites du bassin versant de Wally Creek. Les échantillons ont été prélevés dans des tourbières tant drainées que non drainées sur tous les types de microsites. De plus, on a obtenu des données écologiques sur la profondeur de la nappe phréatique, la composition chimique de l'eau et de la tourbe, le degré d'humification et la densité apparente des échantillons de tourbe, la teneur en eau de la tourbe et le couvert végétal.

Pendant la première phase de l'évaluation, on analyse des sous-échantillons de tourbe pour déterminer la composition et la distribution des populations d'amibes testacées qu'ils comprennent. La deuxième phase consistera à élargir le sondage, principalement par réplication, afin de corréler la structure des communautés amibiennes testacées et les données écologiques.

D'après les analyses achevées jusqu'à présent, il semble y avoir 3 principaux taxons d'amibes testacées dans le bassin versant de Wally Creek. Le premier groupe comprend le type *Cyclopyxis arcelloides*, *Nebela militaris*, *Hyalosphenia subflora* et le type *Corythion* et se trouve sur les sites xériques, dont la teneur en eau est inférieure à 80 %. Le deuxième groupe comprend *Assulina muscorum*, *Hyalosphenia ovalis*, *Heleopera sphagni* et *Nebela parvula* et se trouve sur les sites hygriques, dont la teneur en eau est de 81 à 90 %. Le troisième groupe comprend *Arcella catinus*, *A. discoides*, *Hyalosphenia papilio* et *Amphitrema wrightianum* et se trouve sur les sites hydriques, dont la teneur en eau est supérieure à 91 %. L'analyse plus poussée précisera peut-être ces taxons.

Si l'on établit une forte corrélation entre les paramètres écologiques et la structure ainsi que la distribution des communautés d'amibes testacées, cela peut fournir un utile instrument d'évaluation de l'opportunité de la sylviculture sur les sites de tourbière. L'emploi d'amibes testacées en tant qu'indicateurs de l'oxygénation et du régime d'humidité du sol pourrait permettre d'évaluer rapidement et efficacement, à peu de frais, les sols de tourbière et de contrôler les changements et la succession des sites à long terme.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Warner, B.G. 1989. Utilisation des amibes testacées (protozoaires) comme indicatrices de l'humidité du sol et de l'oxygénation en foresterie des tourbières. p. 93 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

Warner, B.G. Distribution and abundance of testate amoebae (Rhizopoda: Protozoa) in the Wally Creek Watershed, Ontario. *Dans* Proc. Symposium '89: Peat and Peatlands, Ville du Quebec, Que., 6-10 août, 1989. Can. Soc. Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia. (sous presse)

MOTS-CLÉS:

amibes testacées, drainage des tourbières, drainage forestier, épinette noire, humidité du sol, microfaune du sol, microsite, oxygénation, tourbières

Tolérance à la sécheresse et mécanismes physiologiques de résistance aux contraintes des semis de conifères dans le Nord.

Numéro de référence du projet: 33004

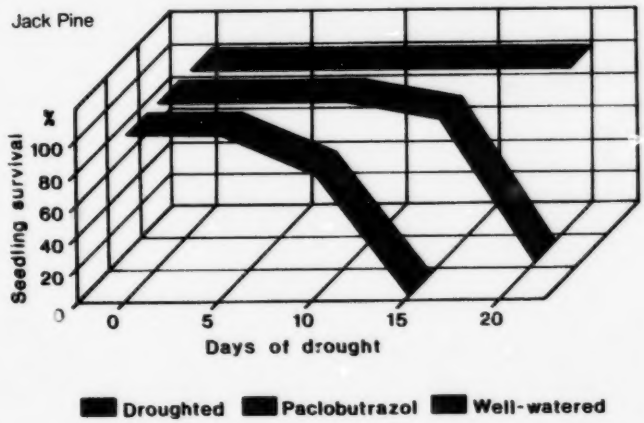
Chercheur/entrepreneur: E.B. Dumbroff, département de biologie, Université de Waterloo, Waterloo, Ontario

Responsable scientifique: F.D. Beall, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Étudier les changements physiologiques et biochimiques associés à l'adaptation des semis à la contrainte imposée par la sécheresse et déterminer quels changements donnent lieu au degré le plus élevé de résistance à la contrainte.

2. Étudier les traitements pratiques pouvant créer les conditions physiologiques ou morphologiques, ou les deux, associées à l'augmentation de la tolérance à la sécheresse.



Effet du traitement au paclobutrazol

DESCRIPTION:

Le stress d'humidité (tension de toute intensité provoquée par la sécheresse) est un facteur courant de mortalité et de réduction de la croissance initiale dans les jeunes plantations d'épinettes et de pins. Cela est particulièrement vrai dans le cas des semis en contenants actifs du point de vue physiologique qui sont plantés en été sur des stations sujettes à des périodes, même courtes, de sécheresse. Bien qu'il existe un besoin pressant de méthodes de culture nécessaires pour réduire efficacement les pertes en question, leur établissement a été retardé par l'insuffisance d'information de base au sujet des caractéristiques morphologiques et, particulièrement, physiologiques qui permettent aux semis nouvellement plantés de résister à la sécheresse.

Le projet constitue la continuation de travaux accomplis antérieurement (projet numéro 585043 de l'Entente Canada–Ontario de gestion forestière) et a pour buts (i) d'éclaircir les processus biochimiques et physiologiques de la tolérance ou de l'adaptation à la sécheresse des semis d'épinette noire, d'épinette blanche et de pin gris, et (ii) de mettre au point, par la manipulation des facteurs qui contribuent à cette tolérance, des traitements culturaux pratiques qui feront augmenter le potentiel de survie et la résistance à la sécheresse des semis de conifères plantés sur le terrain.

PROGRÈS:

On a étudié la mesure dans laquelle des antitranspirants commerciaux, du paillis synthétique et l'apport d'ions peuvent faire augmenter le taux de survie des semis pendant des périodes de grave stress causé par la sécheresse. Des 3 essences étudiées, c'est l'épinette blanche qui avait la plus forte tolérance à la sécheresse et qui a réagi le moins aux traitements essayés. Par contre, la combinaison de traitements aux antitranspirants commerciaux et au paillis synthétique a permis d'allonger de 6 jours, dans certains cas, la survie des pins gris et des épinettes noires. L'ionisation au chlorure de potassium a, elle aussi, fait augmenter la tolérance à la sécheresse, mais son efficacité a été inférieure dans des conditions de contrainte imposée par des températures élevées (30 °C

le jour et 24 °C la nuit). La détermination de la fluorescence de la chlorophylle–A des semis non traités et les semis à forte contrainte a donné des résultats très proches de ceux des observations sur le terrain, indiquant que le système photosynthétique du pin gris est le plus stable alors que celui de l'épinette blanche est le moins stable. Cette détermination promet de constituer un moyen pratique de déterminer rapidement l'état physiologique des semis.

D'autres études sur des traitements pouvant faire augmenter la résistance à la sécheresse ont indiqué que l'acide abscisique (antitranspirant naturel) et le paclobutazol (phytohormone synthétique) peuvent, eux aussi, améliorer la possibilité de survie des pins gris et des épinettes dans des conditions de grave sécheresse. Ces deux composés ont fait augmenter les taux d'adaptation des stomates, réduit la conductance stomatique, favorisé l'augmentation des teneurs en eau et fait augmenter le potentiel hydrique pendant la période de sécheresse sans influencer ces paramètres avant la période de sécheresse.

Des recherches fondamentales ont été axées sur les changements biochimiques associés au stress causé par la sécheresse. Celui–ci provoque une diminution considérable de la fraction polarisée des lipides que contiennent l'épinette blanche, l'épinette noire et le pin gris, alors que la fraction neutre des lipides demeure relativement stable. Toutefois, on a observé d'importants changements des chaînes latérales d'acides gras dans les fraction neutres des lipides, mais peu de changement dans les chaînes latérales des fractions polarisées. Ces changements peuvent être associés à la stabilisation des membranes. De plus, il a été prouvé que les pools d'acides aminés libres augmentent en réaction au stress causé par la sécheresse. Un rapport peut être établi entre les changements en question et les mécanismes d'adaptation du potentiel osmotique, de protection de l'intégrité des enzymes ou des membranes et d'emmagasinage de l'azote, sous forme non toxique, en réaction à ce stress.

Les changements d'expression phénotypique des gènes provoqués par les contraintes imposées par la sécheresse, la chaleur et la stimulation mécanique ont été étudiés dans le cas du pin gris. Des protéines précises sont synthétisées en réaction à différentes contraintes. Par exemple, le choc causé par le fait de lever les semis au–dessus du sol a donné lieu à la synthèse de polypeptides à 52 et à 57 kD. Les semis qui avaient subi un stress causé par la sécheresse pendant 48 heures dans de faibles volumes de sphaignes ont synthétisé plus que d'ordinaire des produits géniques à 50, 39, 30 et 21 kD. Il peut exister un lien entre ces protéines et les mécanismes d'adaptation au stress.

Les travaux nous permettent de mieux comprendre les processus physiologiques fondamentaux qui régissent la tolérance des semis de conifères à la sécheresse, et contribueront à l'établissement de méthodes de culture destinées à produire du matériel en contenants qui a une forte résistance à la sécheresse.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Cyr, D.R., Buxton, G., Webb, D.P. et Dumbroff, E.B. Accumulation of free amino acids in shoots and roots of three northern conifers during drought. (soumis à un journal)

Cyr, D.R., Waite, J.L. et Dumbroff, E.B. 1986. Annual report: Preconditioning of coniferous container stock by induction of drought tolerance. Rapport classé. 64 p.

Dumbroff, E.B. 1987. Drought tolerance and the physiological mechanisms of resistance in northern coniferous seedlings. Rapport classé. 2 p.

Dumbroff, E.B. et Marshall, J.G. 1989. Drought tolerance and the physiological mechanisms of resistance in northern coniferous seedlings. Rapport classé. 2 p.

Marshall, J. et Dumbroff, E.B. 1989. Le paclobutrazol augmente la résistance à la secheresse des conifères du Nord. p. 8 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Roberts, D.R. et Dumbroff, E.B. 1986. Relationships among drought resistance, transpiration rates, and abscisic acid levels in three northern conifers. Tree Physiol. 1: 161–167.

MOTS–CLÉS:

biologie moléculaire, conditionnement, conductance stomatique, épinette blanche, épinette noire, physiologie des semis, pin gris, plantage, plants en contenants, régénération artificielle, relations hydriques, stress d'humidité, survie des semis, tolérance à la sécheresse

Qualité du matériel de reproduction et adaptation des plants de conifères au site.

Numéro de référence du projet: 33005

Chercheur/entrepreneur: T.J. Blake, ABL Forest Science Inc., Toronto, Ontario. (La société n'existe plus mais le chercheur fait encore partie du corps enseignant de la Faculté de foresterie de l'Université de Toronto.)

Responsable scientifique: R.F. Sutton, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Déterminer la nature, l'intensité et la durée du choc que subissent des épinettes noires au plantage sur des stations représentatives de la forêt boréale de l'Ontario.

2. Étudier les principaux processus et changements physiologiques associés à l'adaptation au site des plants d'épinette noire de serre, et déterminer comment ces changements peuvent être influencés, par des pratiques de culture ou de manipulation, au profit de l'implantation des semis.

DESCRIPTION:

Il est bien reconnu que les caractéristiques physiologiques du matériel de reproduction (Ritchie 1984) sont d'importants facteurs déterminants du rendement des conifères de serre plantés sur le terrain. C'est pourquoi il faut comprendre les principaux processus que met en cause l'adaptation des semis au site et les facteurs influant sur la capacité des semis de produire rapidement de nouvelles racines et de commencer à pousser. Une fois que ces facteurs auront été éclaircis, il devrait être possible d'établir des techniques de préconditionnement des semis afin que le matériel de reproduction réalise son plein potentiel de rendement pendant la critique phase de l'implantation.

Le projet était destiné à étudier les principaux facteurs qui président à l'adaptation physiologique et morphologique initiale des semis d'épinette noire transplantés de la serre à des stations représentatives de la forêt boréale de l'Ontario. À cette fin, on a notamment comparé les réactions physiologiques de différents types de matériel et clones aux déficits hydriques, et évalué différents traitements de conditionnement.

Des placettes d'étude ont été établies en 1985 et en 1986 sur 3 stations fauchées (des plateaux, des basses terres et des stations intermédiaires) à la limite des forêts de l'Abitibi–Price Inc., soit à environ 80 km au nord–ouest d'Iroquois Falls (Ontario) (50° 28' N.). Sur chacune de ces stations, on a planté du matériel de pépinière standard d'épinette noire (plants à racines nues de $1^1/_2 + 1^1/_2$ années et plants en contenants y ayant passé ou non un hiver) ainsi qu'un certain nombre de clones provenant de boutures racinées; on en a déterminé les caractéristiques morphologiques et on en a étudié les aspects physiologiques (relations hydriques des semis) pendant 3 saisons de croissance. De plus, on a réalisé des études afin de déterminer la mesure dans laquelle des traitements environnementaux et chimiques de préconditionnement permettent de faire augmenter la résistance des plants à la sécheresse.

Mesure de la conductance stomatique (G. Hart)

Des études supplémentaires ont été réalisées en serre à l'appui des études effectuées sur le terrain.

PROGRÈS:

L'étude principale, concernant l'influence des facteurs environnementaux sur les processus physiologiques des épinettes noires plantées sur le terrain, a illustré le rôle critique que joue le stress d'humidité dans l'implantation des semis. Les arbres qui poussaient rapidement et qui toléraient bien ce stress étaient caractérisés par une conductance stomatique élevée dans des conditions de croissance favorables, et étaient capables de fermer rapidement leurs stomates en réaction à une perte d'eau excessive par transpiration. Il se peut que ces caractéristiques et la capacité de faire baisser le seuil de perte de rigidité en réaction à la sécheresse (par osmorégulation) soient les principaux facteurs de l'adaptation des conifères nouvellement plantés sur le terrain.

La variation des phénotypes au cours de l'adaptation physiologique de l'épinette noire au site de plantage a varié grandement selon le type de matériel, ce qui porte à croire que les types de matériel diffèrent du point de vue de leur tolérance à la sécheresse. Les semis en contenants plantés avant d'y avoir passé un hiver ont été beaucoup moins capables de contrôler leur conductance stomatique, ce qui a comporté de forts taux de transpiration vers le milieu de l'été et des degrés de stress d'humidité élevés, que les plants à racines nues et les semis en contenants y ayant passé un hiver. Il est particulièrement évident que le rendement initial des plants en contenants est fortement influencé par le régime cultural en pépinière, à un point tel qu'il se peut que la résistance au stress et la croissance de semis du même type varient selon la serre.

Les résultats portent à croire que les besoins en préconditionnement des plants à racines nues diffèrent de ceux des plants en contenants. Les traitements destinés à améliorer la qualité physiologique des plants à racines nues devraient être axés sur l'augmentation de la croissance des racines et de la conductivité des tissus racinaires vers le début de la saison. Les traitements des plants en contenants n'y ayant pas passé l'hiver devraient être destinés soit à faire baisser le seuil de perte de rigidité, soit à provoquer un accroissement de la sensibilité des stomates à l'augmentation du déficit hydrique interne. Les traitements à l'acide abscisique, au polyéthylèneglycol et par refroidissement nocturne se sont révélés être de prometteurs moyens de préconditionner le matériel en contenants.

Date d'achèvement: le 31 mars 1988

RAPPORTS:

Blake, T.J. 1986. Physiological mechanisms affecting adaptation to site and early plantation performance. 47 p. *dans* Fitness for Purpose, Proc. Stock Production Development Activity Seminar on Stock Standards and Early Plantation Performance, décembre 1986, Ont. Min. Nat. Resour., Northern For. Devel. Gr., Timmins, Ont.

Blake, T.J. 1987. Chemical conditioning treatments improve the performance of current black spruce container stock. Rapport classé. 27 p.

Blake, T.J. et Bevilacqua, E. 1987. Effect of pre–conditioning treatments on stomatal responses and cell water relations in black spruce container stock: results from 1987 field work. Rapport classé. 58 p.

Blake, T.J., Bevilacqua, E., Zwiazek, J.J., Adams, S.R. et Sutton, R.F. Effects of preconditioning with ABA, a synthetic analog and polyethylene glycol on water relations and drought tolerance of black spruce. Plant Growth Regulator Society of America (sous presse).

Blake, T.J. et Ford, R. 1986. Early progeny testing: development of techniques for early selection of superior clones. Ont. Min. Nat. Resour., Northern For. Devel. Gr., Timmins, Ont. On Line 2(3):1–2.

Blake, T.J. et Sutton, R.F. 1987. Variation in water relations of black spruce stock types planted in Ontario. Tree Physiol. 3(4):331–343.

Blake, T.J., Zwiazek, J.J., Abrams, S.R., Sutton, R.F. et Bevilacqua, E. 1989. Le conditionnement améliore la qualité du matériel de reproduction. p. 8–9 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

boutures racinées, conditionnement, conductance stomatique, croissance des semis, épinette noire, perte de rigidité, physiologie des semis, plantage, plants à racines nues, plants en contenants, régénération artificielle, relations hydriques, sélection des clones, stress d'humidité, tolérance à la sécheresse

Réduction du stress causé par la sécheresse et les basses températures dans les semis de conifères grâce à des phytohormones inhibitrices des stérols.

Numéro de référence du projet: 33013

Chercheur/entrepreneur: G. Hofstra, département de biologie environnementale, Université de Guelph, Guelph, Ontario

Responsable scientifique: C. Glerum, Institut de la recherche forestière de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIFS:

1. Déterminer la capacité des nouveaux composés inhibiteurs des stérols de faire augmenter la tolérance à la sécheresse et au stress causé par les basses températures dans les semis de conifères.

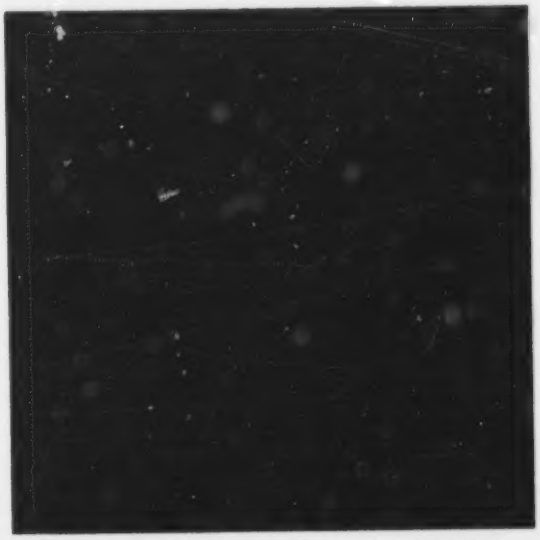
2. Comparer, à différentes fins, la puissance de ces composés ainsi que les méthodes, les taux et les moments de traitement nécessaires à leur efficacité.

3. Établir une application efficace de ces méthodes dans des conditions opérationnelles.

DESCRIPTION:

Les triazoles sont un groupe de composés qui présentent des propriétés fongicides et régulatrices de la croissance végétale. Il a été prouvé qu'ils inhibent certains stades du cycle des isoprénoïdes, dont viennent bon nombre d'importants stérols et régulateurs de croissance végétaux. On croit que l'effet des triazoles sur la croissance des plantes découle de leur capacité d'inhiber la synthèse de la gibbérelline et d'influencer l'équilibre d'autres importantes phytohormones telles que l'acide abscisique (AAB) et la cytokinine.

Des travaux récents ont prouvé que les triazoles peuvent protéger les plantes contre des centaines de stress divers causés, par exemple, par la sécheresse, les basses ou les hautes températures et les polluants atmosphériques. Cela peut tenir partiellement à leur capacité de faire augmenter les teneurs en AAB, "hormone du stress" chez les plantes. Parmi les changements connexes observés dans le cas de bien des espèces, mentionnons l'augmentation de la vigueur, la réduction de la hauteur, l'augmentation de la synthèse de protéines et la réduction de la conductance stomatique.



Racines d'épinette traitées aux triazoles (gauche) (J. Zandstra)

Les recherches antérieures sur les propriétés phytoprotectrices des triazoles portaient sur des plantes herbacées telles que les haricots, le blé et l'orge. Le projet a pour but d'élargir le champ de recherche pour qu'il englobe des semis de conifères, notamment d'épinette noire, de pin gris et d'épinette blanche.

La capacité qu'ont les triazoles de réduire le stress causé par la sécheresse des semis en contenants a été évaluée initialement en serre, dans des conditions uniformes de séchage. Les moments, les méthodes et les taux d'application optimaux de différents triazoles ont été déterminés, et la survie des semis a été évaluée d'après une échelle de cotation visuelle. La tolérance au gel a été déterminée à l'aide d'un congélateur programmable: la température a été réduite au taux de 1,5 à 2,0 °C par heure, et les semis ont été retirés à des intervalles réguliers afin que leur survie soit déterminée.

Les réactions morphologiques et physiologiques des semis à différents composés triazoles fait l'objet d'une évaluation destinée à permettre de déterminer une autre façon de réduire le stress et de contrôler tout effet négatif qu'ils ont sur les semis.

Les composés qui se sont révélés les plus prometteurs pendant les essais en serre font l'objet d'essais dans des semis plantés sur le terrain, afin que puissent être déterminés leur efficacité dans ce contexte et leur potentiel d'utilisation dans des conditions opérationnelles. On emploie des semis d'épinette blanche en contenants et à racines nues, mais uniquement des semis de pin gris et d'épinette noire en contenants.

PROGRÈS:

Les triazoles les plus prometteurs identifiés jusqu'à présent sont l'uniconazole, le propiconazole et le triadiméfon. L'abreuvage du sol semble être la méthode d'application la plus efficace, mais seulement si l'on procède au traitement de 10 à 14 jours avant le début du stress. Les taux d'application des trois composés diffèrent parce qu'ils ont différentes puissances.

Les recherches initiales ont indiqué que les triazoles ne sont que d'une utilité minimale aux fins de la réduction du stress causé le froid. Toutefois, bien que la recherche n'ait pas été poursuivie, des discussions subséquentes avec le personnel des pépinières provinciales ont révélé que la faible (de 1 à 2 °C) amélioration observée de la tolérance aux basses températures pourrait être utile dans les pépinières du Nord, où il y a encore des risques de gel après la sortie printanière des plants en contenants.

La réduction du stress causé par la sécheresse à l'aide des triazoles est plus prometteuse. En serre, les semis d'épinette blanche en contenants ont survécu un maximum de 11 jours de plus que les semis-témoins dans des conditions de sécheresse artificielles. Les résultats obtenus dans le cas des pins gris et des épinettes noires ont été semblables, mais l'augmentation de la survie n'a été que de 5 ou 6 jours. L'amélioration de la survie peut être attribuée partiellement à la réduction de la consommation d'eau. Les semis traités aux triazoles ont présenté une résistance stomatique accrue et une moindre perte d'eau par transpiration. La croissance des racines d'épinette noire et de pin gris a augmenté dans certains cas, mais on a eu de la difficulté à obtenir ce résultat de façon répétée. On a observé de la cire épicuticulaire dans les semis d'épinette blanche.

On n'a eu qu'un succès restreint au cours des essais de traitements aux triazoles réalisés sur le terrain en 1987 et en 1988. La sécheresse n'a pas été suffisamment grave pendant ces années pour causer une forte mortalité des semis-témoins. La saison de croissance de 1989 se révèle plus efficace à cet égard; elle devrait permettre d'évaluer le potentiel opérationnel du traitement aux triazoles.

Malgré les sommes considérables investies dans la production de semis et leur plantage sur le terrain en Ontario, un nombre considérable de plants périssent à cause de facteurs tels que les insectes, les maladies, le feu, les animaux, le gel et la sécheresse. Dans bien des cas, la sécheresse est le plus important facteur contribuant à la mortalité des semis. S'il se révèle efficace pendant les essais opérationnels, le traitement des semis aux triazoles pourrait aider à la rectification de cette situation, particulièrement pour ce qui est des plants en contenants actuels, ce qui serait très favorable au programme provincial de reboisement.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Pullen, J.E., Hofstra, G. et Fletcher, R.A. 1988. Drought and frost resistance in white spruce. 8th Annual North-Eastern Forestry Graduate Students Conference, Syracuse, New York. February 2–4, 1988. (disponible de J.E. Pullen, Dep. Environ. Biol., Univ. de Guelph)

Pullen, J.E., Zandstra, J.W., Hofstra, G. et Fletcher, R.A. 1989. Augmentation de la tolérance à la secheresse des semis de conifères avec les triazoles. p. 10–11 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

MOTS-CLÉS:

conditionnement, conductance stomatique, développement des racines, épinette blanche, épinette noire, physiologie des semis, pin gris, plants à racines nues, relations hydriques, résistance au gel, semis en contenants, stress d'humidité, survie des semis, tolérance à la sécheresse, triazoles

Implantation et croissance initiale de matériel de reproduction d'épinette noire par rapport à la physiologie des semis au moment du plantage sur le terrain.

Numéro de référence du projet: 33024

Chercheur/entrepreneur: R.J. Day, Faculté de foresterie, Université Lakehead, Thunder Bay, Ontario

Responsable scientifique: K.M. McClain, groupe de recherche sur les forêts du Nord, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Thunder Bay, Ontario

OBJECTIFS:

1. Évaluer le rendement des plantations régionales d'épinettes noires du district de Thunder Bay, dans le centre–nord de l'Ontario.

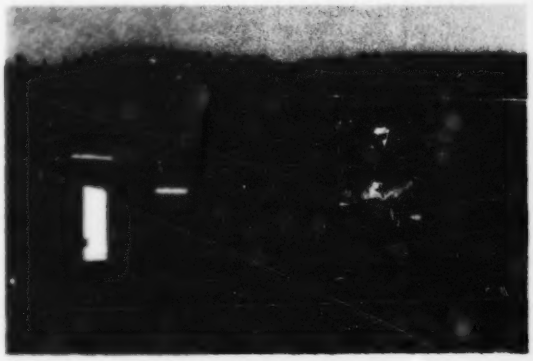
2. Déterminer les caractéristiques morphologiques et physiologiques des plants repiqués d'épinette noire de $1^1/_2 + 1^1/_2$ années qui ont été arrachés à l'automne ou au printemps et qui ont été assujettis à différents traitements de conditionnement avant le plantage sur le terrain.

3. Évaluer l'incidence des traitements de conditionnement sur les relations hydriques du matériel de reproduction d'épinette noire dans des conditions de serre et de pépinière extérieure et sur le terrain, et mettre les résultats de l'évaluation en corrélation avec le rendement des semis après le plantage sur le terrain.

DESCRIPTION:

L'épinette noire est la plus importante des essences de bois de pâte de l'Ontario et constitue l'essence dominante dans 41 % des forêts productives de cette province (Ketcheson et Jeglum 1972). Le programme de reboisement provincial en témoigne: en 1987–1988, plus de 68 millions de semis d'épinette noire ont été produits, soit près de 42 % de la production totale de 163 millions d'arbres (Anon. 1988). C'est pourquoi il est clair que la survie et la croissance de ces semis après le plantage sur le terrain sont d'une importance cruciale pour le bien–être de l'industrie forestière.

Bien des facteurs influencent le rendement des semis. Il y a de plus en plus de preuves selon lesquelles les pratiques culturales en pépinière peuvent avoir



Évaluation des relations hydriques des semis (R. Butson)

pour effet retardé de réduire la productivité du peuplement. On sait que l'entreposage dans des conditions de congélation ou de réfrigération a un effet sur la physiologie des semis et leur rendement après la transplantation sur le terrain, mais on connaît mal cet effet. Les recherches ont été amorcées pour étudier les effets des différences de date d'arrachage, de méthode d'entreposage et de conditionnement sur le rendement des semis. Elles se sont déroulées dans des conditions contrôlées, semi–contrôlées et naturelles dans le district de Thunder Bay, qui fait partie de la région du centre–nord de l'Ontario.

Le matériel de transplantation d'épinette noire ($1^1/_2 + 1^1/_2$) de la pépinière de Thunder Bay a été (a) arraché pendant l'automne et congelé pour être entreposé pour l'hiver à une température de -2 ± 1 °C et conditionné à 2 ± 1 °C pendant 7 ou 48 heures avant le plantage, (b) arraché pendant le printemps et entreposé au froid à 2 ± 1 °C jusqu'au plantage, ou (c) arraché immédiatement avant le plantage. Les arbres ont été plantés, au printemps ou vers la fin de l'été, dans des microphytotrons, dans un milieu de pépinière ou sur

le terrain. L'étude en pépinière a englobé le matériel éclairci non dérangé des planches de repiquage. On a mesuré différentes caractéristiques morphologiques des semis et des paramètres indiquant l'état physiologique. L'incidence de l'arrachage et du régime de conditionnement sur les relations hydriques des semis pendant les premiers stades de leur implantation a été particulièrement intéressante.

PROGRÈS:

Tous les travaux en laboratoire et sur le terrain sont achevés. Selon l'analyse préliminaire des résultats, la date d'arrachage ainsi que la durée et la température d'entreposage ont influencé la physiologie des semis en modifiant les relations hydriques peu de temps après le plantage. Un des résultats les plus importants est l'influence exercée par les pratiques courantes d'arrachage et d'entreposage sur les relations hydriques au moyen d'interactions avec aussi bien la croissance racinaire initiale que l'action stomatique. Les arbres arrachés pendant l'automne ont eu une croissance racinaire prolifique mais n'ont pas restreint efficacement les pertes d'eau causées par la transpiration. Cela signifie qu'ils seraient sujets à la dessiccation s'ils étaient plantés sur le terrain en période saisonnière de stress hydrique. Les arbres arrachés au printemps ont pu réduire les pertes d'eau plus efficacement pendant l'implantation mais ont eu une croissance racinaire inférieure à ceux qui ont été arrachés au cours de l'automne. La durée de la période de conditionnement subséquente à l'entreposage des semis gelés n'a pas eu d'effet quantifiable sur les relations hydriques de ceux-ci.

Ces résultats portent à croire que les plants arrachés au printemps s'implanteraient de façon plus fiable que les plants arrachés pendant l'automne, dans tout l'éventail des conditions possibles après le plantage sur le terrain. Cela tient à leur capacité de mieux régler la conductance stomatique, de réduire les pertes d'eau causées par la transpiration et de maintenir un bilan hydrique interne favorable pendant les premiers stades de l'implantation, malgré la diminution de la capacité de croissance de leurs racines.

Les constatations issues du projet nous ont permis de mieux comprendre comment les pratiques de pépinière influencent la physiologie des semis et leur rendement après le plantage sur le terrain, en modifiant leurs relations hydriques. Les résultats mettent en évidence le besoin de déterminer les répercussions que peuvent avoir toutes les pratiques de manipulation du matériel de reproduction sur l'état physiologique des semis et leur rendement après transplantation sur le terrain. Si l'on ne satisfait pas à ce besoin, il se peut que soient maintenues des pratiques qui empêchent d'atteindre le rendement maximal sur le terrain.

Date d'achèvement: le 31 mars 1991

RAPPORTS:

Butson, R.G. Establishment and early growth of black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) in relation to selected nursery lifting and storage practices. thèse M.Sc.F., School of Forestry, Université Lakehead, Thunder Bay, Ont. (thèse présentée à la défense)

Butson, R.G. et Day, R.J. 1989. Effets des dispositions relatives à l'arrachage et à l'entreposage, dans les pépinières, sur l'implantation et la croissance initiale des plants d'épinette noire. p. 14 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Day, R.J. et Butson, R.G. 1986. Progress report: Establishment and early growth of black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) in relation to seedling physiology at time of outplanting. Rapport classé. 14 p.

Day, R.J. et Butson, R.G. 1989. Seedling–water relationships after outplanting. p. 55–62 *dans* D.C. MacIver, R.B. Skeet et A.N. Auclair (Ed.). Climate applications in forest renewal and forest production. Proc. Forest Climate '86. Gouv. du Can., Centre d'édition du gouvernement du Canada, Ottawa, Ont.

MOTS–CLÉS:

capacité de croissance racinaire, conditionnement, conductance stomatique, croissance des semis, épinette noire, physiologie des semis, plantage, plants à racines nues, production en pépinière, régénération artificielle, relations hydriques, stress d'humidité, survie des semis

Étude du rôle des protéines de réserve des arbres pendant l'hivernage dans le nord de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33033

Chercheur/entrepreneur: J.S. Greenwood, département de botanique, Université de Guelph, Guelph, Ontario

Responsable scientifique: C. Glerum, Institut de la recherche forestière de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIFS:

1. Déterminer si les arbres forestiers emmagasinent l'azote sous forme de protéines de réserve spécifiques pendant la période d'hivernage.

2. Étudier la physiologie de l'accumulation des protéines de réserve et leur rôle dans l'emmagasinage de l'azote pour la période d'hivernage par les essences forestières.

DESCRIPTION:

Malgré l'importance de l'azote aux fins de la croissance des arbres, la nature chimique des formes sous lesquelles les arbres emmagasinent l'azote fait l'objet d'une controverse. Dans le passé, le rôle des protéines dans ce contexte a été négligé. Toutefois, des études récentes sur les arbres fruitiers (Titus et Kang 1982, Greenwood et collab. 1986) ont fourni des preuves à l'appui d'hypothèses exprimées antérieurement selon lesquelles les protéines de réserve jouent un important rôle dans l'emmagasinage de l'azote pour la période d'hivernage. On croit que la mobilisation des protéines de réserve et la libération d'acides aminés qui s'ensuit favorise l'anabolisme associé à la croissance du début du printemps.

La réalisation du projet a été entreprise afin de cerner le rôle que les protéines de réserve jouent dans l'emmagasinage temporaire de l'azote par les arbres forestiers pendant l'hivernage. La première phase a consisté à déterminer si l'isolation des protéines de réserve avant l'hivernage est un phénomène courant. Des échantillons de pousses de 11 essences de feuillus (érable à sucre, aulne, bouleau à papier, hêtre à grandes feuilles, frêne, févier épineux, peuplier, chêne rouge, faux-acacia, saule et tilleul) ainsi que des échantillons

Concentration de protéines dans l'écorce de saule (J. Greenwood)

de pousse et d'aiguille de 7 essences de résineux (sapin baumier, mélèze d'Europe, épinette de Norvège, épinette blanche, pin blanc, pin sylvestre et thuya occidental) ont été prélevés mensuellement pendant plusieurs saisons sur des arbres modérément fertilisés qui poussent à l'arboretum de l'Université de Guelph.

Les analyses chimiques ont été axées sur les tissus de l'écorce des feuillus et sur les tissus d'écorce et d'aiguille des résineux. L'analyse et la caractérisation de la teneur en protéines ont été effectuées par électrophorèse. On a employé la microscopie électronique et photonique pour détecter des organites spécialisées servant à l'emmagasinage des protéines (corps protéiques) dans les tissus et déterminer si certaines des organites présentes avaient été formées à l'isolation de protéines de réserve spécifiques.

Pendant la deuxième phase du projet, on emploie des méthodes d'analyse standard pour étudier l'apport relatif global et individuel des protéines de réserve, et d'autres composés azotés, à l'azote total emmagasiné par les saules, les érables à sucre et les pins blancs. En même temps, on étudie les effets de la privation et des

suppléments d'azote sur l'accumulation des protéines de réserve et des autres composés azotés dans des semis en pots.

PROGRÈS:

Les résultats préliminaires indiquent que les protéines jouent un rôle appréciable dans l'emmagasinage de l'azote par les arbres forestiers et peuvent intervenir pour plus de 50 % du total des réserves d'azote que comprennent les tissus d'écorce des arbres en hivernage. En général, les échantillons prélevés en hiver contenaient de 3 à 4 fois plus de protéines que les échantillons prélevés en été.

9 des 11 essences de feuillus étudiées ont produit des protéines de réserve spécifiques, dont la quantité a varié saisonnièrement. Ces protéines comptent pour une grande proportion (pouvant atteindre 30 %) de la teneur totale en protéines pendant l'hivernage. Les protéines de réserve s'accumulent au cours de l'automne (à partir de la fin d'août dans le cas du peuplier deltoïde, et à partir seulement de la mi-octobre pour ce qui est de l'érable à sucre), leurs teneurs dans les tissus d'écorce demeurent élevées pendant l'hiver et baissent pendant la croissance printanière. Des analyses microscopiques ont indiqué que les cellules du cambium et du parenchyme libérien sont les principaux sièges de l'accumulation des protéines de réserve. Ces cellules contenaient de toute évidence des corps protéiques immédiatement avant et pendant l'hivernage (voir la micrographie en annexe).

Les résultats n'ont pas été aussi clairs dans le cas des résineux. Les analyses électrophorétiques ont indiqué que des protéines de réserve spécifiques, dont les teneurs fluctuent saisonnièrement, ne se forment que dans le mélèze d'Europe, le pin blanc et le pin sylvestre, et ce uniquement dans les tissus de l'écorce. Toutefois, des corps protéiques ont été observés dans les tissus prélevés en hiver de ces essences et de plusieurs autres. S'il se pouvait que les protéines de réserve soient présentes dans les tissus des aiguilles à longueur d'année, l'électrophorèse ne permettrait pas de détecter des fluctuations de la concentration d'une protéine précise. Les corps protéiques se développent peut-être en réaction à une augmentation de la teneur totale en protéines pendant la période de durcissement d'hivernage.

Les travaux sur la caractérisation des protéines de réserve d'essences choisies se poursuivent, tout comme les études sur le rôle physiologique des protéines dans l'emmagasinage de l'azote pour la période d'hivernage.

Les recherches ont pour principal objectif d'approfondir la connaissance du métabolisme de l'azote dans les essences forestières, sous le rapport du processus d'hivernage. Les résultats pourraient permettre l'amélioration des pratiques de production et de plantage de semis, la présence de protéines de réserve spécifiques dans les tissus d'écorce servant d'indicateur de durcissement et de dormance. De plus, il se peut que des traitements à l'engrais azoté à des moments soigneusement choisis afin que l'azote s'intègre aux protéines de réserve donnent lieu à une amélioration de la production de biomasse.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Demmers, C., Greenwood, J.S. et Wetzel, S. 1989. Vegetative storage proteins in the bark of willow: protein body development prior to overwintering. Suppl. to Plant Physiol. 89: Abstr. 86.

Greenwood, J.S., Demmers, C. et Wetzel, S. Protein body development in phloem parenchyma of *Salix microstachya* prior to overwintering. (en préparation)

Wetzel, S., Demmers, C. et Greenwood, J.S. 1989. Vegetative storage proteins in the bark of willow: characterization of the 32 kD reserve protein. Suppl. to Plant Physiol. 89: Abstr. 89.

Wetzel, S., Demmers, C. et Greenwood, J.S. 1989. Les protéines de stockage, une réserve possible d'azote chez plusiers essences d'arbres hivernantes. p. 96 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

Wetzel, S., Demmers, C. et Greenwood, J.S. Spherical organelles, analogous to seed protein bodies, fluctuate seasonally in parenchymatous cells of hardwoods. Can. J. Bot. (sous presse)

Wetzel, S. et Greenwood, J.S. 1988. Nitrogen storage in the bark of overwintering temperate hardwoods. Suppl. to Plant Physiol. 86: Abstr. 608.

Wetzel, S. et Greenwood, J.S. Proteins as a potential nitrogen storage compound in bark and leaves of several softwoods. Trees (sous presse).

MOTS-CLÉS:

alimentation minérale, conditionnement, corps protéique, emmagasinage de l'azote, équilibre nutritif, érable à sucre, fertilisation, hivernage, mélèze d'Europe, métabolisme de l'azote, peuplier deltoïde, physiologie des semis, pin blanc, pin sylvestre, protéines de réserve

Amélioration des lots de semences de pin gris et d'épinette noire en vue de l'ensemencement à raison de 1 graine par contenant: études physiologiques et biochimiques.

Numéro de référence du projet: 33035

Chercheur/entrepreneur: L. Malek, département de biologie, Université Lakehead, Thunder Bay, Ontario

Responsable scientifique: K.M. McClain, groupe de recherche sur les forêts du Nord, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Thunder Bay, Ontario

OBJECTIFS:

1. Déterminer les changements biochimiques que subissent des semences de conifères fortifiées par préparation osmotique à la germination à l'aide de polyéthylèneglycol 6000, sous les rapports de l'activité hydrolytique des protéines des graines et la teneur de celles–ci en acides aminés.

2. Déterminer si la sélection granulométrique des graines et la préparation osmotique à la germination sont profitables et peuvent améliorer les taux d'occupation dans le contexte de l'ensemencement de contenants Castle et Cooke à raison de 1 graine par contenant.

3. Déterminer les effets de la préparation osmotique à la germination sur le potentiel d'utilisation des graines non retenues.

DESCRIPTION:

L'ensemencement est d'ordinaire une des étapes les moins efficaces de la production de semis de conifères en contenants. Même si l'on emploie les nouvelles techniques d'ensemencement, il arrive souvent que de coûteuses graines soient gaspillées à cause de la nécessité de mettre plus de 1 graine par contenant afin d'assurer la pleine occupation des planches. Les pépinières doivent essuyer non seulement le coût des graines gaspillées mais aussi les frais supplémentaires que comporte le besoin d'éclaircir les semis multiples. Si elles pouvaient éliminer l'étape de l'éclaircie, qui exige beaucoup de main–d'œuvre, les grandes pépinières pourraient réaliser des économies considérables.

Prétraitement de semences d'arbres (For. Can.)

Bien que les graines fournies aux pépinières de plants en contenants de l'Ontario soient habituellement de qualité élevée, telle que déterminée par des essais de germination, l'implantation des germinants peut être réduite même dans les conditions environnementales favorables assurées par la pépinière. Cela peut tenir à la faible vigueur des germinants, à des erreurs d'ensemencement ou à des erreurs de conditionnement du milieu. On peut réduire l'incidence de ces deux derniers facteurs en prêtant davantage attention à l'étalonnage de l'équipement et en améliorant le contrôle de la qualité de l'ensemencement. De plus, l'amélioration des graines peut hausser le taux de germination et la vigueur des germinants. On croit que le poids et le volume des graines influencent ce taux, mais il arrive souvent que les résultats obtenus soient

inconséquents (Edwards et Hartwig 1971). C'est pourquoi différentes méthodes de fortification des graines, destinées à hausser le taux de germination, ont été mises au point (Heydecker et Coolbear 1977). La préparation osmotique à la germination à l'aide de polyéthylèneglycol 6000 (PEG 6000) a fait l'objet d'un vaste éventail d'essais et d'utilisations (Bewley et Black 1982).

Outre les avantages de la fortification des graines, il existe un besoin de comprendre le fondement métabolique de la germination rapide des graines traitées. On a exprimé le postulat (Bonner 1986) selon lequel l'émergence rapide des semis des lits de graines préparées à la germination tient à l'augmentation de l'activité protéolytique amorcée pendant le trempage préparatoire dans le PEG 6000 et, peut-être, à l'augmentation des teneurs en acides aminés libres par suite de la réduction des fuites des membranes à l'immersion dans le PEG 6000.

Le projet consiste à étudier la fortification des graines grâce à la préparation osmotique à la germination par immersion dans le PEG 6000 afin de déterminer son utilité éventuelle en tant que moyen d'obtenir un fort matériel relatif par ensemencement à raison de 1 seule graine par contenant. On évalue l'effet de la préparation osmotique à la germination sur 3 catégories de poids de graines d'épinette noire et de pin gris, sous les rapports du taux de germination, de la germination totale, de la vigueur des germinants et du matériel relatif des contenants. Des graines traitées et non traitées ont été plantées dans des contenants Castle et Cook et poussent dans différents milieux de croissance. Des essais biochimiques permettront d'étudier l'activité protéolytique des embryons et des endospermes de pin gris. Les résultats de ces essais seront mis en corrélation avec les caractéristiques de rendement des graines traitées et non traitées.

PROGRÈS:

Selon les résultats de l'ensemencement de contenants Castle et Cook à l'épinette noire, la préparation osmotique à la germination par immersion dans le PEG 6000 accélère la germination et l'implantation des semis mais n'améliore pas la germination totale. La sélection des graines d'après leur poids ne semble pas influencer le matériel relatif des contenants, quoiqu'il existe un rapport étroit entre la densité des graines et le taux de croissance initiale des semis. Les recherches présentement poursuivies sur l'épinette noire porteront plus tard sur le pin gris.

Les études biochimiques préliminaires ont permis de purifier un enzyme protéolytique des graines de pin gris qui ressemble à la pepsine. On poursuit les travaux sur la caractérisation du rôle de cet enzyme dans le processus de germination, de même que sur la détermination de sa réaction à l'intérieur de graines ayant subi une préparation osmotique à la germination.

L'application de la technique de préparation osmotique à la germination, si elle se révèle être un moyen fiable de produire un fort matériel relatif de plateau par ensemencement à raison de 1 graine par contenant, pourrait présenter d'importants avantages pour la production de plants de conifères en contenants. Les économies, tant de graines que de frais d'éclaircie, pourraient avoir une incidence économique considérable sur l'industrie et faire augmenter l'efficacité de la production. L'information acquise au sujet du métabolisme pendant les premières phases de la germination des graines de conifères peut aider à la compréhension des effets favorables de la préparation osmotique à la germination et poser la base de recherches sur d'autres aspects du métabolisme des graines.

Date d'achèvement: le 31 mars 1991

RAPPORTS:

Bourgeois, J. Priming physiology and proteinase purification from resting jack pine seeds. thèse M.Sc., Dep. Biology, Lakehead University, Thunder Bay, Ont. (thèse présenté à la défense)

Malek, L. 1989. Ensemencement de graines uniques en contenants. p. 3–4 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

enzyme protéolytique, épinette noire, germination, métabolisme des graines, physiologie des semis, pin gris, plants en contenants, polyéthylèneglycol, préparation osmotique à la germination, production en pépinière

Caractérisation chimique du pin gris en vue de l'identification des critères de sélection génétique pour l'amélioration de l'utilisation des fibres.

Numéro de référence du projet: 33007 et 33032

Chercheur/entrepreneur: D.N. Roy, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario

Responsable scientifique: G. Buchert, Institut de la recherche forestière de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIFS:

1. Comparer les propriétés chimiques et physiques du bois entre différents pins gris (arbres–plus) et à l'intérieur d'un même arbre.

2. Déterminer les effets de la variation des propriétés chimiques et physiques du bois sur les caractéristiques de délignification de la lignine dans différents pins gris (arbres–plus).

3. Déterminer la composition chimique des produits d'extraction du pin gris et le degré de variation du contenu de ces extraits prélevés à différentes hauteurs d'un même arbre.

Traitement des disques de pin gris (B. Wong)

DESCRIPTION:

Deuxième essence résineuse en abondance dans les forêts boréales du centre et de l'est du Canada, le pin gris constitue un élément vital de l'industrie forestière. On considère toutefois que cette essence ne convient pas à certains procédés de fabrication de pâte, en raison principalement (a) de la composition de son bois, qui se caractérise par des trachéides à parois plus épaisses que chez le sapin ou l'épinette, ce qui en rend le raffinage difficile, ainsi que (b) de l'abondance des produits d'extraction. Ces derniers, particulièrement abondants dans le duramen des arbres plus gros et plus vieux (>50 ans), rendent difficile la fabrication de pâte à partir du bois issu des peuplements naturels de pins gris à maturité. Dans les peuplements aménagés, l'utilisation d'arbres sélectionnés avec soin peut aider à réduire ces problèmes.

Les programmes d'amélioration des arbres en Ontario se fondent généralement sur les caractéristiques de croissance et de conformation pour la sélection des arbres–plus (pin gris). D'où l'importance de définir les liens entre ces caractéristiques et les propriétés du bois, si l'on veut accroître au maximum la valeur commerciale du produit fini. L'objectif visé est de sélectionner des arbres de qualité supérieure, tant au niveau de la production que de leur utilisation comme bois de pâte.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, un des obstacles à la mise sur pied de programmes efficaces d'amélioration du pin gris vient du peu de données dont nous disposons sur la variation naturelle des propriétés du bois de cette essence et sur l'héritabilité des différents caractères de qualité du bois. La variation des propriétés physiques et chimiques du bois à l'intérieur d'un même arbre et entre divers arbres, ainsi que les liens entre ces propriétés et les caractéristiques de la fabrication de pâte, constituent des données essentielles pour le sélectionneur et le planificateur des ressources. Or l'objectif du présent projet est d'étudier ces phénomènes.

Durant la première phase de l'étude (projet 33007), des échantillons d'environ 8 cm d'épaisseur ont été prélevés

à hauteur de poitrine sur 25 pins gris (arbres–plus) âgés de 52 à 69 ans, dans des peuplements situés près de Fort Frances (Ontario). Ces échantillons ont ensuite été découpés en tranches, lesquelles ont servi respectivement à l'analyse des propriétés du duramen et de l'aubier, ainsi qu'à la détermination du poids spécifique et des caractéristiques de délignification (fabrication de pâte). Les échantillons servant à déterminer le poids spécifique ont été divisés en 5 zones de diamètre afin d'évaluer le degré de variation de cette caractéristique à l'intérieur d'un même arbre. Des sous–échantillons similaires ont également été utilisés pour déterminer la distribution des extraits solubles entre différents arbres et à l'intérieur d'un même arbre, ainsi que pour quantifier la teneur en cellulose et celle en lignine soluble dans l'acide et insoluble dans l'acide.

Durant la première phase du projet, les échantillons n'ont été prélevés qu'à hauteur de poitrine; cependant, un deuxième volet plus détaillé (projet 33032) est actuellement en cours dans le but de déterminer la variation verticale et radiale du poids spécifique et de la teneur en produits d'extraction et en cellulose, entre différents arbres et à l'intérieur d'un même arbre.

PROGRÈS:

Au cours de la première phase, de fortes variations ont été observées, tant au niveau des propriétés chimiques et physiques que des caractéristiques de délignification, entre les différents arbres de même qu'à l'intérieur d'un même arbre. La proportion occupée par le duramen dans les échantillons prélevés à hauteur de poitrine variait de 26 à 60 %; aucun lien direct constant avec l'âge de l'arbre n'a toutefois été constaté. De même, le poids spécifique a lui aussi varié de façon significative (de 0,38 à 0,53), les valeurs les plus élevées étant habituellement obtenues à la limite du duramen et de l'aubier et les plus faibles, au niveau de la moelle. De telles variations peuvent signifier des différences de 30 à 40 % dans les rendements en pâte chimique.

De façon générale, la teneur moyenne en lignine dans le duramen a été légèrement plus élevée que dans l'aubier. Contrairement aux feuillus, les pins gris (arbres–plus) ne contenaient qu'une très faible teneur en lignine soluble dans l'acide, laquelle ne représentait qu'environ 0,1 % de la lignine totale. La teneur en produits d'extraction a aussi différé d'un arbre à l'autre, ainsi que d'une zone à l'autre à l'intérieur d'un même échantillon. Ainsi, les valeurs les plus élevées ont été obtenues à la limite du duramen et de l'aubier et les plus faibles, près de la moelle et de l'écorce. Enfin, dans tous les arbres, la teneur en alfa–cellulose augmentait graduellement de la moelle à l'écorce, l'écart observé ne dépassant toutefois jamais plus de 3 %.

Selon les essais de fabrication de pâte qui ont été effectués, le pin gris requiert la même énergie d'activation que l'épinette pour la fabrication de pâte chimique. Par ailleurs, aucune variation significative n'a été observée entre l'aubier et le duramen pour ce qui est des besoins en énergie.

Pour l'industrie des pâtes et des papiers, la matière première idéale pour la fabrication de pâte est, de façon générale, le bois qui a un faible pourcentage de duramen, un poids spécifique élevé, une teneur en fibres longues, une faible teneur en lignine et en produits d'extraction et une forte teneur en cellulose, et qui ne requiert qu'une faible énergie d'activation pour la fabrication de pâte. Les recherches effectuées ont démontré une grande variation de ces caractéristiques chez les pins gris (arbres–plus), tant à l'intérieur d'un même arbre qu'entre différents arbres. Autre conclusion préliminaire importante, les propriétés supérieures du bois ne sont pas les mêmes d'un arbre à un autre. De toute évidence, les sélectionneurs auraient la possibilité d'entreprendre des programmes d'amélioration axés sur les propriétés du bois du pin gris si les stimulants économiques nécessaires à de tels travaux venaient à se manifester. Le deuxième volet de cette étude se poursuit.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Roy, D.N. et Deka, G.C. 1988. Final report: Chemical characterization of jack pine (*Pinus banksiana* L.) as a contribution to developing genetic selection criteria for improving fibre utilization. Rapport classé. iv + 81 p.

Roy, D.N., Deka, G.C., Buchert, G. et Wong, B.M. 1989. Caractéristiques chimiques et aptitude à la mise en pâte utilisées comme critères pour la sélection de pins gris superieurs. p.85 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

amélioration des arbres, aubier, caractéristiques de la fabrication de pâte, délignification, duramen, lignine, pin gris, poids spécifique, produits d'extraction du bois, teneur en cellulose

Étalonnage des normes sur les éléments nutritifs aux fins de l'aménagement des vergers à graines d'épinette noire.

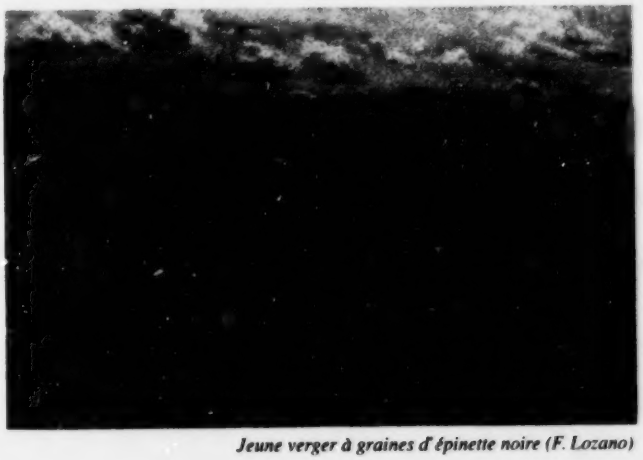
Numéro de référence du projet: 33009
Chercheur/entrepreneur: F. C. Lozano, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario
Responsable scientifique: I.K. Morrison, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. À l'aide du système intégré de diagnostic prospectif et de recommandation (DRIS), établir des normes de teneur des sols en azote, en phosphore et en potassium qui sont optimales aux fins de l'établissement de vergers à graines d'épinette noire.

2. Valider l'efficacité du DRIS aux fins de la détermination de l'équilibre nutritif découlant de la fertilisation du terrain.

3. Déterminer les teneurs critiques en éléments nutritifs et déterminer si le DRIS permet d'établir l'équilibre nutritif de façon plus exacte que la méthode des valeurs critiques.



Jeune verger à graines d'épinette noire (F. Lozano)

DESCRIPTION:

On prévoit que l'utilisation de matériel de reproduction d'épinette noire ayant subi une amélioration génétique deviendra un élément important du programme de reboisement en Ontario. À cette fin, le gouvernement provincial a déjà entrepris un programme d'établissement de vergers à graines d'épinette noire. Un nombre considérable de ces vergers se trouvent dans la région du Nord–Ouest établie par le ministère des Richesses naturelles. Des fonds appréciables ont été investis dans ces vergers, qui constituent la base des futurs programmes d'amélioration des arbres.

Pour favoriser un taux de survie élevé et une croissance rapide dans les vergers à graines, il faut les aménager intensivement. Toutefois, puisque le programme est encore relativement jeune, on n'a pas encore fini de mettre au point les techniques d'aménagement appropriées. Il se peut, par exemple, qu'on ait recours à des engrais pour stimuler la croissance des arbres, mais on ne sait pas si les formules et les dosages actuels sont optimaux. En l'absence de données sûres concernant les régimes nutritifs, il y a lieu de réaliser des recherches afin de déterminer les teneurs critiques des sols en éléments nutritifs afin de fonder sur ces teneurs les apports d'engrais prescrits pour les vergers à graines.

Les résultats d'analyses pédologiques et foliaires peuvent être employés pour déterminer l'équilibre nutritif et les besoins en éléments nutritifs des stations de vergers à graines. La méthode des valeurs critiques repose sur le postulat selon lequel il existe un rapport entre la croissance et l'alimentation en un élément nutritif précis et entre cette alimentation et la concentration foliaire de cet élément. Cependant, cette méthode présente un certain nombre de lacunes. Le système intégré de diagnostic prospectif et de recommandation (DRIS) (Beaufils 1956) a été mis au point pour combler l'écart entre les données d'analyse pédologique et foliaire et la rationalisation des dosages d'engrais. Il a été reconnu exact pour prévoir les

besoins en éléments nutritifs de plusieurs cultures agricoles, peu importe l'âge des plants. En général, le DRIS s'est révélé supérieur à la méthode des valeurs critiques aux fins de l'évaluation de l'équilibre nutritif des plantes.

Le projet consiste à réaliser des essais d'applicabilité et de précision du DRIS à titre d'instrument de diagnostic prospectif des déficiences en éléments nutritifs dans le cadre de l'aménagement des vergers à graines d'épinette noire. Le travail comprend 3 volets. Le premier consiste à acquérir des données et à établir une base de données devant servir à la révision des normes d'étalonnage du DRIS sur les teneurs en éléments nutritifs du sol et du feuillage, en regard du rendement. Cela donne une indication tant de l'équilibre des minéraux que des éléments nutritifs qui peuvent limiter la croissance. Dans le deuxième, il faut vérifier et valider les normes et les recommandations issues du DRIS, grâce à des expériences de fertilisation sur le terrain. Dans le troisième, il s'agit d'appliquer les formules tirées du DRIS à la gestion pratique de l'équilibre nutritif des vergers à graines.

PROGRÈS:

Dans chacun de 8 vergers à graines (Melgund, Morson, Beauregard, Skurban, Manion Lake, Minnesabic Lake, Goodie Lake South et Ulster Lake) du nord–ouest de l'Ontario, 25 arbres ayant eu une forte croissance au cours des deux saisons de croissance précédentes ont été choisis pendant l'automne 1986. On a déterminé leur hauteur totale et l'accroissement annuel de leur hauteur. On a prélevé des échantillons de feuillage dans les verticilles les plus hauts des 15 arbres dont la croissance était la plus forte, et des échantillons de sol sous chacun de ces arbres.

On a déterminé les teneurs en azote (N), phosphore (P), potassium (K), calcium (Ca) et magnésium (Mg) totaux des échantillons de feuillage. On a déterminé les teneurs des échantillons de sol en N total, en P assimilable, en K, Ca, Mg et en acidité d'échange et en matières organiques. On a calculé les normes DRIS sur les teneurs du feuillage et du sol en N, P, K, Ca et Mg, et employé ces normes pour évaluer l'équilibre nutritif de chaque verger à graines. En général, il n'y a pas assez de P et de K.

Les résultats préliminaires indiquent que l'analyse foliaire est la plus prometteuse aux fins des diagnostics prospectifs. C'est pourquoi il a été décidé de se concentrer davantage sur l'analyse foliaire. Pour éprouver la validité des normes tirées du DRIS, on a procédé à une expérience de fertilisation dans le verger à graines de Goodie Lake South, situé dans le district de Sioux Lookout, en juin 1987. De plus, on a engagé une étude comparative afin de déterminer la réaction des épinettes noires à l'apport combiné de P et de K.

Le projet a pour but principal de donner aux aménagistes des vergers à graines un instrument fiable d'évaluation de l'équilibre nutritif de la station et de détermination du dosage d'engrais nécessaire pour assurer l'implantation et la croissance rapides des semis sur la station en question. Cependant, les données engendrées constituent une précieuse information de base au sujet des teneurs en éléments nutritifs qui assurent la croissance optimale des semis d'épinette noire.

Les tests de précision finals sur les normes tirées du DRIS seront réalisés pendant l'automne 1989 à l'aide de données concernant la croissance des arbres expérimentaux et la teneur de leur feuillage en éléments nutritifs. De plus, on tentera de déterminer si les normes tirées du DRIS qui s'appliquent à la région du nord–ouest de l'Ontario peuvent être employées pour évaluer l'équilibre nutritif des vergers à graines d'épinette noire d'autres parties du nord de l'Ontario.

Date d'achèvement: le 30 septembre 1990

RAPPORTS:

Lozano, F.C. et Huynh, K.D. 1989. Application du système intégré de diagnostic et de recommandations aux vergers producteurs de semences d'épinette noire. p. 88 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Lozano, F.C. et Parton, W.J. 1987. Calibrating nutrient standards for black spruce seed orchard management. Rapport classé. 14 p.

MOTS–CLÉS:

alimentation en minéraux, amélioration des arbres, analyse foliaire, analyse pédologique, DRIS, épinette noire, équilibre nutritif, fertilisation, normes sur les éléments nutritifs, vergers à graines

Histologie du développement des semences de pin gris.

Numéro de référence du projet: 33017

Chercheur/entrepreneur: C. Nozzolillo, département de biologie, Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario

Responsable scientifique: G. Buchert, Institut de recherche sylvicole de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIFS:

1. Réaliser une étude fondamentale sur le développement des semences de pin gris, depuis le début de la formation des cônes jusqu'à la maturité des graines.

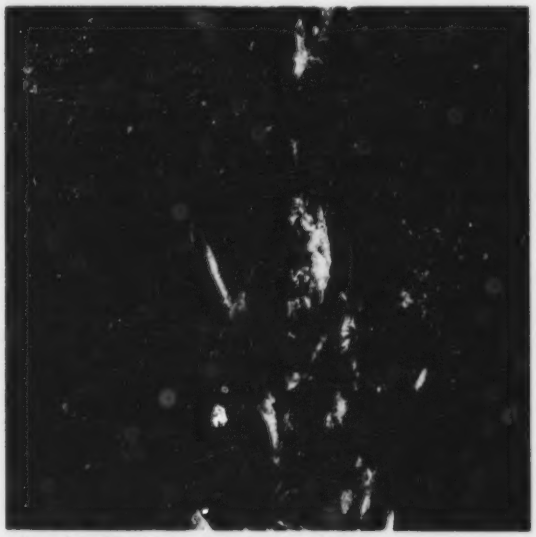
2. Corréler les différents stades de développement interne et des caractéristiques externes, faciles à observer, des cônes, afin de permettre aux praticiens forestiers de déterminer facilement le potentiel de production de graines.

DESCRIPTION:

La connaissance des cycles de reproduction des gymnospermes est indispensable à la production contrôlée de graines améliorées employées dans le cadre de programmes de reboisement, que ces graines viennent de vergers à graines aménagés ou de zones naturelles de production de graines. On doit obtenir de l'information précise sur le développement des graines afin de planifier précisément les opérations de production, y compris la production de cônes, la pollinisation, les traitements culturaux des peuplements et la récolte de cônes.

La documentation sur le développement des graines de gymnospermes, telle que examinée par Maheswari et Singh (1967), ne comprend que peu d'études sur le genus *Pinus*, et n'en comprend aucune portant particulièrement sur le pin gris. Toutefois, les recherches sur les autres pins portent à conclure que, bien que le développement général des graines des diverses espèces de pins soit à peu près le même, il existe des différences selon l'espèce, en particulier le rythme de chaque étape.

L'étude fondamentale du développement des graines de pin gris vise à décrire en détail le développement des graines, depuis le début de la formation des cônes jusqu'à la maturité des graines. Elle a été entreprise



Fleurs femelles du pin gris (Min. Rich. Nat. Ont.)

afin d'obtenir les données de base indispensables à ceux qui sont responsables de la production de graines en vue des programmes de reboisement ou qui s'occupent de l'amélioration génétique des arbres et de la recherche en génétique.

Le processus de développement des graines de pin comprend 3 phases annuelles incluant la dormance hivernale. Pendant le premier été, les bourgeons de cônes mâles et de cônes femelles commencent à se former et se différencient sur les rameaux terminaux. Au cours du deuxième été, les cônes femelles sont pollinisés, provoquant le développement du méga-gamétophyte. Pendant le troisième et dernier été, l'ovule est fécondé dans l'archégone, et l'embryon atteint la maturité à la fin de l'été.

La recherche a consisté à étudier ces trois phases, mais particulièrement le développement anatomique et morphologique des cônes femelles et de leurs graines

pendant les deuxième et troisième années. L'étude de ces stades de développement avancés présente bien des difficultés pratiques. Les tissus extérieurs (cône) sont ligneux, mais les structures internes sont très délicates. Au cours de cette recherche, on a conservé les spécimens dans un fixateur non coagulant de glutaraldéhyde mêlé à une résine de méthacrylate de glycol. Des coupes minces (de 2 à 3,3 µm) ont été examinées à l'aide d'un microscope photonique selon les techniques histochimiques normales. Des photomicrographies ont été prises afin de garder une illustration permanente des stades observés du développement des graines.

PROGRÈS:

La recherche s'inscrivait dans le cadre d'une étude sur le cycle de reproduction du pin gris que Mary Moore mène depuis 10 ans depuis sa résidence à Deep River (Ontario) de concert avec C. Nozzolillo (Université d'Ottawa), N. Dengler (Université de Toronto) et M. McCully (Université Carleton).

Suivant l'objectif 1, on a conservé, sectionné et examiné par microscopie photonique des spécimens représentatifs du cycle complet de reproduction du pin gris. De plus, on a observé la formation et le développement des cônes d'un arbre sur le terrain et examiné de plus près des spécimens vivants grâce à un stéréomicroscope. Des photographies en couleurs de la morphologie externe et des photomicrographies de l'anatomie interne ont été prises à tous les stades du développement des cônes et des graines.

Cette double étude de l'apparence extérieure et de l'anatomie interne a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur le développement des cônes et des graines par rapport aux grandes lignes de la morphologie externe. En plus d'être tranmises à des revues scientifiques, ces connaissances constitueront la base d'un guide pratique, en voie de rédaction, qui permettra aux spécialistes de l'amélioration des arbres de reconnaître les stades de développement des graines par un examen sur le terrain, grâce à un léger grossissement, des caractéristiques extérieures des cônes. Cela facilitera la planification et l'exécution des opérations de reproduction et de sélection s'inscrivant dans le cadre de programmes d'amélioration génétique du pin gris, et aidera à la récolte de graines en temps opportun dans des vergers à graines et d'autres peuplements.

Date d'achèvement: le 31 mars 1988

RAPPORTS:

Moore, M. 1987. Reproduction in jack pine, *Pinus banksiana*. Une trousse composée de 33 transparents et un document élaboré à l'appui est disponible de l'auteur au prix de 65,00$ (pour fin d'enseignement). S'addresser à Forêts Canada, Région de l'Ontario.

Moore, M. et Nozzolillo, C. 1989. Formation des parois cellulaires des gamétophytes femelles chez le pin gris. p. 90 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Moore, M. et Nozzolillo, C. Seed production in jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) 1. Cell wall formation in the female gametophyte. (soumis à un journal)

MOTS–CLÉS:

amélioration des arbres, archégone, développement des graines, développement du cône, gamétophyte femelle, habitudes de reproduction, pin gris

Variation génétique du pin gris en vue de l'augmentation de sa résistance à la tordeuse du pin gris.

Numéro de référence du projet: 33040
Chercheur/entrepreneur: J.R. Carrow, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario
Responsable scientifique: C.J. Sanders, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

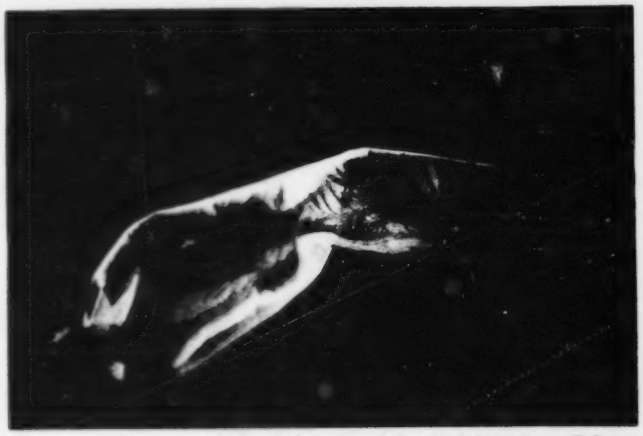
Étudier le fondement génétique et biologique de la résistance que semblent opposer certains pins gris à la défoliation par la tordeuse du pin gris.

DESCRIPTION:

Le pin gris est une des plus importantes essences de la forêt boréale du point de vue commercial. C'est pourquoi la tordeuse du pin gris, vu sa capacité de défolier et de détruire de vastes peuplements de pins gris, fait planer une menace économique considérable sur le bien-être de l'industrie forestière de l'Ontario.

Des études ont révélé que les arbres sains ayant subi une défoliation minimale (arbres verts) se trouvent d'ordinaire dans des peuplements qui ont déjà été gravement ravagés (arbres bruns) par une infestation de tordeuses du pin gris. Bien qu'il soit possible que les arbres verts aient simplement échappé à l'infestation, un certain nombre de caractéristiques portent à croire que ces arbres sont résistants à la tordeuse:

1. Les arbres verts demeurent indemnes pendant la durée entière de l'infestation de tordeuses, qui est habituellement de 2 à 4 ans.
2. Les arbres verts sont entourés d'arbres défoliés.
3. Les branches non défoliées des arbres verts se trouvent souvent entremêlées à des branches défoliées d'arbres bruns.
4. Les arbres verts sont habituellement dominants ou codominants.
5. Le fait que les tordeuses se nourrissent un peu des arbres verts indique qu'ils ne sont pas simplement négligés par celles-ci.



Cage tubulaire pour l'élevage de la tordeuse (T. Scarr)

On n'a jamais identifié un mécanisme précis de résistance à la tordeuse du pin gris. La réalisation du projet a été entreprise afin de déterminer si les arbres verts sont vraiment résistants à la tordeuse et, dans l'affirmative, d'identifier les mécanismes de résistance en cause et d'étudier leur influence sur la croissance et le développement ou le comportement de la tordeuse.

On procède à des épreuves biologiques pour examiner la réaction de la tordeuse aux arbres verts, des points de vue de ses habitudes alimentaires, de ses préférences de ponte, de sa croissance, de son développement, de sa survie et de sa fécondité. À cette fin, on met en cage des larves de tordeuse prélevées pendant une infestation sur des branches de pin gris de 2 sources: des clones de greffons d'arbres verts et d'arbres-témoins (bruns) choisis au cours de l'infestation de tordeuse de 1969 par C.W. Yeatman, de l'Institut forestier national de Petawawa (IFNP), et des arbres verts et des arbres bruns choisis pendant l'infestation qui était en cours près de Newberry (Michigan) en 1989. D'après les résultats des épreuves biologiques, on étudie les mécanismes de résistance possibles, y compris les répercussions de la

phénologie des pousses, l'abondance des fleurs staminées, les taux d'accroissement des arbres et la composition terpénique des aiguilles.

Dans le cadre d'études de comportement, on examine les préférences alimentaires des larves entre le feuillage vert et le feuillage–témoin et les taux de dispersion des larves sur le feuillage de ces deux types. On détermine la consommation de feuillage et l'efficacité de l'alimentation en mesurant le poids des chiures et des chrysalides de tordeuse. Les taux de développement des larves sont calculés d'après le délai préalable à la nymphose. La fécondité des papillons est déterminée par comptage des œufs que portent les femelles ayant passé leur stade de larve sur le feuillage des deux types. De plus, on étudie les préférences des femelles en matière d'oviposition.

PROGRÈS:

Les résultats des expériences sur les préférences d'oviposition et d'alimentation indiquent que les papillons et les larves préfèrent les arbres bruns en tant qu'hôtes. Puisque le feuillage employé aux fins de ces expériences était celui de clones produits par l'IFNP, il se peut que les préférences des tordeuses soient fondées sur des caractéristiques d'hôte reproduites génétiquement. Les résultats de l'étude sur la croissance et le développement, pendant laquelle des tordeuses ont été élevées sur le feuillage d'arbres verts et d'arbres–témoins, devraient indiquer si une corrélation peut être établie entre les préférences observées et les effets des arbres verts sur la tordeuse.

Pendant l'infestation de Newberry (Michigan), les populations de chrysalides de tordeuse étaient plus faibles sur les arbres verts que sur les arbres bruns. L'échantillonnage des populations d'œufs passant l'hiver et de larves hâtives et la détermination des taux de ponte confirmeront ou infirmeront la tendance de ce comportement.

L'étude de la phénologie des bourgeons n'a pas révélé de différence appréciable entre le débourrement et le développement des pousses des arbres verts et des arbres bruns. La production de fleurs staminées chez un même clone ou entre clones n'a pas été jugée conséquente. Dans un même ordre d'idées, la comparaison de l'accroissement radial à hauteur d'homme et à la base de la cime n'a pas permis de détecter de différence significative entre les arbres verts et les arbres bruns. On analyse par chromatographie en phase gazeuse le feuillage prélevé au moment de l'émergence des larves et de la ponte, afin de relever toute différence de teneur en terpènes entre les arbres verts et les arbres bruns.

Si l'on peut prouver que les arbres verts ont un effet négatif sur le comportement ou le développement de la tordeuse du pin gris, cela aidera à comprendre pourquoi ces arbres ne subissent qu'une défoliation minimale pendant les graves infestations de tordeuses. De plus, l'observation de pareille réaction dans des clones de greffons d'arbres verts serait une forte indication du fait que la résistance des pins gris à la tordeuse peut avoir une importante composante génétique et qu'il pourrait être possible d'incorporer cette résistance aux programmes d'amélioration génétique des arbres. L'utilisation de clones résistants dans le cadre des programmes de reboisement réduirait le potentiel de perte causée par les insectes dans les plantations de pins gris et réduirait le besoin d'insecticides. Si, par contre, on n'arrive pas à prouver qu'il existe une résistance à base génétique, la sélection d'arbres–plus et l'amélioration génétique des arbres ne seront plus fonction de la vulnérabilité à la tordeuse et elles pourront être fondées sur des caractéristiques héréditaires plus fortes, ce qui permettra de maintenir une sélection différentielle élevée.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Scarr, T.A. 1989. Résistance du pin gris à la tordeuse du pin gris. p. 49 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

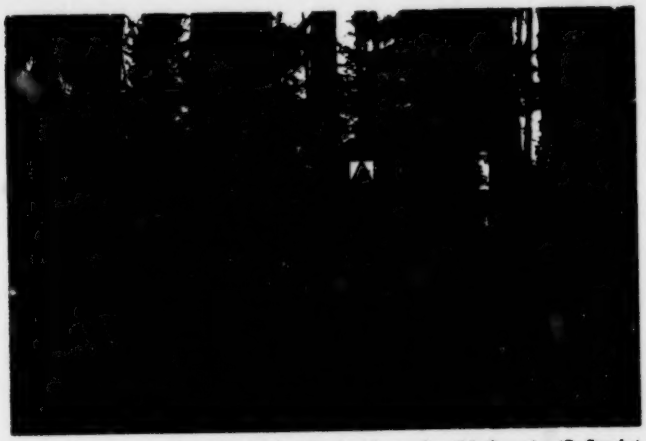
dommages causés aux arbres, pin gris, populations d'insectes, résistance des hôtes, terpènes, tordeuse du pin gris

Quantification des combustibles dans les peuplements naturels du nord de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33003
Chercheur/entrepreneur: Hunter & Associates Limited, Mississauga, Ontario
Responsable scientifique: B.J. Stocks, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Accroître la capacité de prévision du comportement des feux de forêt en Ontario par la mise au point d'une méthode, à la fois sûre et pratique, de quantification des combustibles forestiers naturels.



Parcelle de clasification du combustible forestier (B. Stocks)

DESCRIPTION:

L'accroissement de la demande de produits forestiers, alors que la base de ressources s'épuise, combiné à l'importance accrue accordée à l'impact considérable des feux de forêt sur les approvisionnements en bois en Ontario, ne fait que souligner encore plus la nécessité d'améliorer les stratégies de protection contre les feux de forêt. La quantification des agencements du combustible et de la forêt constitue une étape importante dans cette direction, car il est indispensable de définir les caractéristiques des combustibles disponibles afin de pouvoir prévoir avec précision le comportement des incendies de forêt. Ainsi, la densité des combustibles varie considérablement d'un type de combustible à l'autre; or ce facteur contribue de façon significative à la vitesse de propagation et au degré d'intensité du feu, deux facteurs déterminants du comportement du feu.

Très peu de données quantitatives avaient été recueillies jusqu'à maintenant sur les agencements des combustibles présents dans les forêts de l'Ontario. Le programme de brûlage expérimental mené par Forêts Canada, Région de l'Ontario, en collaboration avec le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, a permis de recueillir des données sur les combustibles présents dans les peuplements soumis à ces brûlages (Stocks 1980, 1987a,b); un vaste éventail de combustibles présents dans les forêts boréales et la région forestière des Grands Lacs et du Saint–Laurent (Rowe 1972) n'a toutefois pas été échantillonné. Le présent projet vise à corriger cette situation, par la collecte et la compilation, dans le cadre d'une série de photographies, de données quantitatives sur les principaux types de combustibles présents dans le nord de l'Ontario.

Au printemps et à l'été 1987, des données ont été recueillies sur les combustibles de cime, les combustibles de surface et les combustibles de profondeur présents dans 300 peuplements naturels situés dans la forêt boréale et la région forestière des Grands Lacs et du Saint–Laurent. Divers types de peuplements, des peuplements composés surtout de feuillus (bouleau et peuplier faux–tremble), aux peuplements mixtes (sapin baumier, épinette, bouleau, peuplier faux–tremble et pin) et aux peuplements purs de pins gris et d'épinettes noires, ont été choisis à cette fin. Un vaste éventail de sites ont également été sélectionnés, tant dans les terres basses que sur les plateaux. Les peuplements échantillonnés dans le nord–ouest de l'Ontario couvrent la gamme complète des types de végétation (V1–V38)

de la Classification des écosystèmes forestiers (NWO FEC) (Sims et collab. 1989).

Les peuplements naturels, de composition, de densité de charge et d'âge variables, ont été sélectionnés sur la base des plus récentes données de l'inventaire des ressources forestières. Les parcelles–échantillons, qui ont servi à la collecte de données et à la documentation photographique (en couleurs) complète sur l'état du peuplement et des combustibles, ont été établies dans les portions vierges de chaque peuplement sélectionné. Les renseignements généraux sur le peuplement (essences, diamètre des tiges, hauteur totale, hauteur à la cime vivante) ont été compilés à la fois pour les arbres morts et les arbres vivants, et le poids du combustible à la cime a été calculé à partir d'équations de prévisions publiées. Les autres sources de combustibles (bois au sol, végétation en sous–étage, combustibles dans la couverture morte, etc.) ont également été quantifiées et consignées, le cas échéant.

PROGRÈS:

Les renseignements recueillis au cours de cette étude consistent en une vaste base de données informatique et en un relevé photographique complet des différents types de peuplements et de combustibles présents dans toute la région du nord de l'Ontario.

La base de données sur l'inventaire et les types de combustibles sera mise à jour par Forêts Canada, Région de l'Ontario, et pourra facilement être consultée par quiconque désire l'utiliser pour procéder à la compilation de l'inventaire des combustibles ou encore à la modélisation et à la prévision du comportement des feux de forêt. En Ontario, le nombre croissant de postes centralisés de lutte contre les incendies utilisant des systèmes informatiques d'aide à la décision ne fait qu'accroître la valeur et l'importance de cette base de données pour les responsables de la gestion des incendies, lesquels peuvent s'en servir pour la modélisation du développement et du comportement des incendies en temps presque réel. En outre, il est probable que la base de données servira, conjointement aux images digitales obtenues de LANDSAT, à la production de cartes sur la densité des combustibles en Ontario, à des fins de gestion des incendies.

Le relevé photographique est actuellement en voie d'impression; il s'agit d'une série de photographies représentatives assorties d'un résumé des données compilées sur chaque type de combustible étudié. Les peuplements seront classés conformément à la Class–ification des écosystèmes forestiers (NWO FEC), les types étant regroupés selon le comportement potentiel du feu. Grâce à cette série photographique, le personnel sur le terrain disposera d'un outil fiable et facile à util–iser pour identifier les types de combustible et estimer la densité des combustibles dans les différents peuple–ments. En plus de ce côté pratique, la publication sera particulièrement utile dans les cours de formation sur le comportement du feu.

Bien que cette recherche ait été menée en Ontario, les résultats peuvent sans doute s'appliquer à l'ensemble des régions forestières boréale et des Grands Lacs et du Saint–Laurent au Canada.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Cranford, M. 1988. Forest fuel complex quantification of natural stands in northern Ontario. Hunter & Assoc. Ltd., Mississauga, Ont. Rapport classé. 2 vol., 25 p. + annexes.

Stocks, B.J., McRae, D.J. et Lynham, T.J. A photo–series for quantifying fuels in natural forest stands in northern Ontario. Forêts Canada, Région de l'Ont., Sault Ste. Marie, Ont. COFRDA Rep. 3302, 156 p. (sous presse)

MOTS–CLÉS:

agencement du combustible, classification des écosystèmes forestiers, comportement du feu, feu, gestion des feux de forêt, outils d'apprentissage, prévision des risques d'incendie, protection contre le feu, quantification des combustibles, transfert de la technologie

Succession végétale à la suite de brûlages expérimentaux dans des peuplements immatures de pins gris dans le nord–est de l'Ontario.

Numéro de référence du projet: 33003A

Chercheur/entrepreneur: G.M. Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario

Responsable scientifique: T.J. Lynham, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Déterminer et quantifier la succession végétale qui se produit à la suite d'un incendie dans les peuplements immatures de pins gris dans le nord–est de l'Ontario.

DESCRIPTION:

Parcelles du brûlage expérimental (B. Stocks)

Les responsables de la gestion des feux de forêt s'intéressent vivement au lien qui existe entre les caractéristiques d'un incendie et la succession végétale qui se produit après un feu de forêt. Cette succession peut en effet déterminer la nature des essences qui composeront le nouveau peuplement, en plus d'influer sur la facilité de régénération du site après l'incendie.

Or comme les agencements des combustibles influent de façon significative sur le comportement du feu, il pourrait y avoir des liens très étroits entre le type et la quantité de combustibles, le comportement du feu et la succession végétale. La succession végétale qui s'établit à la suite d'un incendie dépend en outre de divers fac–teurs historiques (par exemple mode d'exploitation, traitement du peuplement), de la nature des sources externes de semences, de facteurs environnementaux (notamment l'humidité du sol, la valeur nutritive du sol et la température en surface) et de facteurs physiques (par exemple inondations, érosion du sol).

L'objectif de ce projet était d'analyser et d'interpréter les données compilées pendant 10 ans sur l'écologie et la succession végétale à la suite du brûlage expérimental de peuplements de pins gris dans le nord–est de l'Ontario. Il s'agissait en fait d'un projet de suivi mis en oeuvre à la suite des études sur les effets du climat sur le comportement du feu, lesquelles ont été entreprises par la section de recherche sur les feux de forêt de Forêts Canada, Région de l'Ontario, au milieu des années 70. Ces études sur le comportement du feu (Stocks 1987b) ont permis d'évaluer la réaction des végétaux de moindre importance à différentes conditions de brûlage.

Les données pour ce projet ont été obtenues de 12 parcelles établies à l'intérieur d'un peuplement immature de pins gris (établi en 1948), situé au sud d'Aubrey Falls, en Ontario (46°45' N., 83°15' O.).

12 feux expérimentaux ont été pratiqués de 1975 à 1981, dans des conditions très variées (Stocks 1987b). Dans tous les cas, sauf 2, il y a eu feu de cimes. Dans tous les cas également, les pins gris sur pied ont été détruits, de même que la couverture végétale et de 2 à 5 cm d'humus.

Les parcelles brûlées mesuraient 0,4 ha (40 sur 100 m). L'échantillonnage avant le brûlage a été effectué l'année même du brûlage; des échantillonnages postbrûlage ont été effectués la première, la deuxième, la quatrième, la sixième et la dixième année après le brûlage. Les données recueillies portaient notamment

sur les conditions atmosphériques locales et l'Indice forêt–météo (lequel permet de calculer l'intensité du feu), ainsi que sur la fréquence et la couverture de la végétation herbacée et arbustive après l'incendie (évaluées dans 27 quadrats de 1 sur 1 m par parcelle). Des échantillons de sol ont également été prélevés lors de chaque évaluation, afin d'en déterminer la valeur nutritive (pourcentages d'azote, de phosphore, de potassium, de calcium et de magnésium total et échangeable) et le pH. Des analyses multivariées ont été utilisées pour définir les liens entre la succession végétale et l'intensité du feu et pour l'analyse minérale du sol.

PROGRÈS:

Au cours de l'étude, qui a duré 10 ans, nous avons observé une augmentation générale de la diversité de la végétation de la couverture morte après l'incendie. Au nombre des essences dont la couverture et la fréquence ont augmenté après un feu de forêt, mentionnons *Salix* spp., *Viola adunca*, *Epilobium angustifolium*, *Cladonia* spp., *Dicranum polysetum*, *Carex* spp. et *Dryopteris spinulosa*. Celles dont la couverture et la fréquence ont au contraire diminué incluent notamment *Gaultheria procumbens*, *Linnaea borealis*, *Melampyrum lineare*, *Polytrichum commune* et *Hylocomium splendens*. Le nombre d'essences a atteint un sommet durant la première année suivant le brûlage, puis est demeuré généralement constant tout au long de la période de l'étude. *Geranium bicknellii*, absent des parcelles avant le brûlage, ne s'est manifesté que de la première à la troisième année après le brûlage. De même, la présence de *Viola adunca* n'a été observée que pendant les 4 années qui ont suivi le brûlage. Les mousses et les lichens, détruits par l'incendie, n'ont pas repoussé durant la période de l'étude. Enfin, les graminées possédant des racines souterraines peu profondes (par exemple *Coptis groenlandica*) n'ont pas non plus repoussé après l'incendie.

Par ailleurs, au cours de l'étude, la végétation en sous–étage n'a pas retrouvé son abondance ni sa diversité d'avant l'incendie, bien que l'analyse du gradient laisse prévoir une telle reprise.

Les effets du feu sur la biodisponibilité des éléments nutritifs du sol n'ont été que de courte durée (principalement 1 an), la plupart des éléments revenant à leur niveau antérieur dans les 2 à 3 ans qui ont suivi le feu. Nous avons également constaté des augmentations à court terme du pH, du pourcentage de potassium total, du pourcentage de magnésium total et du pourcentage de calcium échangeable. En revanche, le pourcentage d'azote total a diminué de façon signif–icative. Les résultats indiquent que l'intensité et la profondeur du feu déterminent dans une grande mesure les quantités d'azote perdu ainsi que de potassium et de magnésium libérés après un incendie.

Les résultats de cette étude semblent indiquer que la succession végétale qui s'établit dans les peuplements immatures de pins gris à la suite d'un incendie suit des orientations similaires, quelle que soit l'intensité ou la profondeur du feu. Certaines des premières essences disparaissent dans les 2 à 4 ans qui suivent l'incendie, alors qu'un noyau d'essences présentes avant le feu s'implantent de nouveau rapidement. Bien que la régénération du pin gris n'ait pas été évaluée, les données recueillies indiquent le rétablissement du pin gris et du peuplier faux–tremble dans les peuplements; il est en outre probable que le pin gris redevienne l'essence dominante sur ces sols sablonneux appauvris.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

Wickware, G.M. 1989. A review of multivariate analysis techniques commonly used in community ecology: a survey of the literature. G.M. Wickware and Assoc. Inc., Burlington, Ont. Rapport classé. 23 p.

Wickware, G.M. 1989. Succession végétale à la suite de brûlages expérimentaux effectués dans des peuple–ments de pins gris dans le nord de l'Ontario. p. 31 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Wickware, G.M. et Lynham, T.J. 1989. Plant succession following experimental burns in jack pine stands in northern Ontario. Rapport classé.

MOTS–CLÉS:

brûlage dirigé, écologie forestière, écologie relative aux feux de forêt, éléments minéraux nutritifs, équilibre nutritif, évaluation des effets du feu, feu, intensité du feu, pin gris, succession, succession végétale

Répercussions des incendies sur l'approvisionnement en bois.

Numéro de référence du projet: 33008
Chercheur/entrepreneur: D.L. Martell, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario
Responsable scientifique: B.J. Stocks, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Établir une méthode permettant d'évaluer et de prévoir les incidences des incendies forestiers sur l'approvisionnement en bois de l'Ontario, faisant ainsi augmenter l'efficacité des programmes de gestion des incendies et facilitant l'intégration des considérations ayant trait à cette gestion à la plani–fication de l'aménagement forestier.

Feu de forêt de Red Lake numéro 7, 1986 (B. Stocks)

DESCRIPTION:

La planification de l'aménagement forestier est d'autant plus compliquée qu'elle englobe des facteurs relativement imprévisibles tels que les incendies, les invasions par des insectes, les maladies et les conditions météorologiques. Ces der–nières années, les incendies ont eu des répercussions considérables sur les forêts aménagées de l'Ontario, particulièrement dans le Nord–Ouest et le Centre–Nord. La superficie moyenne annuelle de brûlis dans la partie activement protégée des forêts (zones de gestion intensive et modérée; voir ci–dessous) est d'environ 70 000 ha, soit 0,15 %, bien que la proportion varie selon la région.

Même s'ils ont des retombées importantes sur les écosystèmes de la forêt boréale, on comprend mal, sinon pas du tout, les incidences des incendies sur l'approvisionnement en bois. Il existe un besoin pressant d'établir une méthode globale pouvant être employée pour évaluer les répercussions des incendies afin que ceux qui établissent les politiques et que les gestion–naires des incendies puissent adopter et mettre en œuvre des politiques de gestion des incendies et des forêts qui cadrent avec les objectifs des gouvernements et de l'industrie forestière. Le projet a pour but de répondre à ce besoin en étudiant, par la modélisation, les questions de planification suivantes ayant trait aux incendies:

1. Évaluation des dommages–incendies (par exemple, quelles pertes sont causées par des situations d'incendie forestier précises?).
2. Planification de la mobilisation (par exemple, comment les ressources d'extinction d'incendie devraient–elles être réparties entre les incendies existants?).
3. Planification de la préparation à la lutte (par exemple, quel montant doit–on consacrer annuellement aux activités de lutte contre les incendies?).

On recourt à des procédés de simulation informatisée et de programmation mathématique afin d'établir des méthodes décisionnelles que les gestionnaires des incendies et des forêts de l'Ontario pourront employer pour traiter de telles questions.

PROGRÈS:

Les procédures employées actuellement en Ontario pour intégrer les pertes causées par les incendies à la planification de l'aménagement forestier ont été

étudiées, et des documents ont été préparés à leur sujet. De plus, on a réalisé une analyse de plusieurs modèles d'incendie et d'approvisionnement en bois en comparant les résultats de leur application à des données sur une unité d'aménagement forestier fictive.

2 méthodes ont été mises au point, soit un modèle d'évaluation des dommages–incendies et un modèle de planification préalable de la lutte. Ces modèles sont fondés sur des programmes mathématiques à l'échelle de la forêt auxquels des moyennes de pertes causées par le feu ont été incorporées afin de déterminer les stratégies optimales de récolte du bois dans des conditions d'incertitude au sujet des pertes que le feu peut causer.

Le modèle d'évaluation des dommages–incendies est destiné à permettre d'évaluer rapidement les incidences d'un feu qui a ravagé des peuplements précis. De plus, il peut servir à évaluer les incidences que peut avoir un feu qui n'a pas encore été éteint et qui menace de brûler un secteur précis. Pareille évaluation permettra aux gestionnaires d'établir un ordre de priorité devant les incendies non maîtrisés.

Le modèle de planification préalable de la lutte sert à évaluer les incidences à long terme de stratégies de lutte indiquées. Il est destiné à permettre aux aménagistes forestiers de déterminer les modifications qu'il y a lieu d'apporter aux volumes et au calendrier de récolte applicables aux forêts sujettes à être ravagées par le feu et d'évaluer les programmes de gestion des incendies. Le modèle a été employé pour procéder à une évaluation préliminaire de l'effet de plusieurs variables (par exemple degrés de gestion des incendies et pertes causées par le feu qui leur sont associées, contraintes imposées à la récolte et longueur de l'horizon de planification) sur l'approvisionnement en bois dans une forêt ontarienne de pins gris fictive.

En outre, on a compilé, dans le cadre du projet, des statistiques détaillées sur les pertes causées par le feu en Ontario. Le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario reconnaît 3 types de zones de gestion des incendies (intensive, modérée et restreinte) (Dunn 1988) qui déterminent l'ampleur des ressources qui seront consacrées aux incendies forestiers dans chacune des régions d'incendie. On a mis au point un logiciel permettant de traiter des données issues des rapports sur les incendies afin d'évaluer les pertes antérieures causées par le feu (par exemple la superficie brûlée) par district, par région et par type de zone de gestion des incendies.

Les travaux se poursuivront par l'établissement de modèles d'affectation des ressources et d'évaluation des pertes après l'incendie, et leur combinaison avec un système d'information géographique automatisé, ainsi que d'une procédure destinée à aider à l'adoption de lignes directrices sur l'intervention initiale.

Les recherches donneront lieu à une nouvelle méthode de planification globale permettant d'évaluer les incidences des incendies forestiers sur l'approvisionnement en bois. Grâce à celle–ci, les gestionnaires des incendies et des forêts pourront évaluer l'effet d'un incendie précis ou d'une stratégie précise de lutte contre les incendies, comparer différentes possibilités de gestion des incendies ou des forêts et affecter plus efficacement les ressources de lutte contre les incendies.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Martell, D.L. 1989. An evaluation of models used to assess the impact of forest fires on timber supply. 1989 Canadian Operational Research Society/Institute of Management Science/Operations Research Society of America Joint National Meeting. Vancouver, B.C., May 1989. (disponible de l'auteur)

Martell, D.L. Timber management in Ontario's flammable forests. Interdisciplinary Conference on Natural Resources Modeling and Analysis. Halifax, Nova Scotia, le 29 septembre, 1988. 6 p. summary in Natural Resources Modeling, Summary of Proceedings. (sous presse)

Martell, D.L. et Davis, R.G. 1989. Incidence des feux de forêt sur les approvisionnnements en bois en Ontario. p. 67 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

aménagement forestier, approvisionnement en bois, évaluation des incidences des incendies, feu, gestion des incendies forestiers, modèles de simulation, modélisation, pertes causées par le feu, politique sur les ressources forestières, récolte, systèmes d'information géographique

Relevé et évaluation des besoins des plantations aménagées intensivement en protection contre les incendies.

Numéro de référence du projet: 33018

Chercheur/entrepreneur: Matcam Forestry Consultants Inc., Sault Ste. Marie, Ontario

Responsable scientifique: E. Stechison, Institut forestier national de Petawawa, Forêts Canada, Chalk River, Ontario

OBJECTIFS:

1. Relever les besoins et les problèmes relatifs à la lutte contre les incendies dans les plantations et déterminer les changements dans l'inflammabilité des plantations auxquels l'élagage ou l'éclaircie, ou les deux, peuvent donner lieu.

2. Déterminer les changements des besoins en protection contre les incendies qui découlent des soins culturaux et établir des lignes directrices sur les soins applicables aux différentes essences commerciales afin de minimiser le risque d'incendie qu'ils présentent.

DESCRIPTION:

Les programmes de régénération artificielle réalisés en Ontario ont pris énormément d'ampleur depuis quelques décennies. De vastes plantations, surtout de conifères, ont été établies dans bien des parties de la province. La majeure partie de ces plantations n'a pas été entretenue. On ne s'est pas soucié de l'espacement initial ou du taux de survie des arbres plantés. Toutefois, puisque la tendance est à l'intensification de l'aménagement forestier, il est fort probable que nous assistions à une augmentation considérable des soins culturaux post-établissement (principalement l'élagage et l'éclaircie) en vue de maximiser la productivité des peuplements.

Les soins culturaux ont en général pour résultat le dépôt de grandes quantités de matières inflammables sur le sol forestier, faisant ainsi augmenter le risque d'incendie dans bien des stations. Vu l'augmentation de la valeur des peuplements traités, il convient d'assurer une protection contre les incendies qui soit proportionnelle à cette valeur. Cela nécessite la modification de la préparation à la lutte contre les incendies en fonction du changement de l'inflammabilité des plantations traitées.

Rémanents d'éclaircie d'un peuplement de pins gris (A. Cameron)

Le projet consiste à acquérir de l'information de base au sujet des effets des soins culturaux sur le risque d'incendie que présentent les plantations traitées, particulièrement en raison de l'augmentation de la quantification des combustibles. Cette information servira à établir un modèle approprié de prévision des risques d'incendie dans les plantations de pins gris. De plus, des lignes directrices seront rédigées afin d'aider l'aménagiste forestier à pratiquer les soins culturaux qui lui permettront à la fois d'atteindre les objectifs d'aménagement souhaités dans les plantations de pins et de réduire au minimum le risque d'incendie associé à ces soins. Ces lignes directrices comprendront des renseignements destinés à aider le gestionnaire

d'incendie à relever les besoins minimaux en protection des plantations contre les incendies.

On a déterminé la quantification des combustibles dans des échantillons de peuplements non traités et traités (ayant subi, par exemple, un élagage et une éclaircie précommerciale) de l'Ontario. On entendait initialement étudier 3 essences (pin gris, pin rouge et épinette blanche), mais la rareté des peuplements appropriés et accessibles d'épinettes blanches a obligé les chercheurs de reléguer cette essence au second plan. Le projet a consisté à acquérir des données principalement sur les plantations de pins gris.

L'échantillonnage a été prévu pour permettre la comparaison de la biomasse verte et séchée des plantations traitées et non traitées de différents âges et espacements. À l'intérieur de chaque plantation, on a obtenu des données concernant la hauteur et le diamètre des arbres de chaque essence dans 5 placettes de 10 sur 10 m. On a prélevé un échantillon de la végétation ligneuse de sous-étage dans une bande de 2 sur 10 m située en bordure de chaque placette, et un échantillon de rémanents, répartis entre 3 catégories de taille (petits, moyens et gros), dans une zone représentative de 1 sur 1 m située à l'intérieur de la placette. Également dans le cadre de l'étude, on a prélevé un échantillon de litière et d'humus brut dans chaque placette afin d'estimer la quantification des combustibles. On emploie actuellement les données sur les différentes sources de combustibles pour calculer le bilan énergétique du peuplement dans différentes conditions, en vue de l'établissement d'un indice de risque d'incendie applicable aux plantations traitées et non traitées.

PROGRÉS:

Seul un faible nombre de plantations d'épinettes ont été échantillonnées (95 placettes se trouvant dans 19 plantations dont l'âge varie de 10 à 50 ans). Les données sur ces plantations ne permettent qu'une estimation grossière des différences d'inflammabilité entre les peuplements d'épinettes traités et non traités. On a trouvé davantage de peuplements de pins rouges faciles d'accès mais, puisque cette essence n'a qu'une distribution restreinte, seules 70 plantations ont été échantillonnées (346 placettes d'âge variant de 10 à 60 ans). Jusqu'en 1988, on avait échantillonné 79 plantations de pins gris (392 placettes d'âge variant de 10 à 40 ans). En 1989, on s'appliquera à échantillonner des plantations de pins gris de classes d'âge sur lesquelles on ne dispose pas de données suffisantes pour répondre aux critères statistiques.

On a analysé partiellement les données obtenues jusqu'à présent et examiné la documentation connexe. Les éléments nécessaires au modèle de prévision des risques ont été définis. On est en train d'établir des équations de régression à appliquer aux relations entre les données qui doivent être incorporées au modèle. Celui-ci permettra d'estimer l'accumulation des combustibles après les traitements d'entretien des différents types de peuplements de pins gris et les besoins minimaux en protection contre les incendies aux fins d'une efficace intervention initiale de lutte contre les incendies de plantation.

Une étude sur la décomposition des résidus de coupe, qui en est à sa quatrième année, permet d'obtenir d'intéressantes données supplémentaires à intégrer au modèle de prévision des risques. Ces données ont trait à la décomposition des combustibles, par essence, au temps qui s'est écoulé depuis le traitement de la plantation, au type et à l'état de la station, etc. L'établissement du modèle et des lignes directrices ne sera achevé que vers la fin de 1990, bien qu'on ait déjà identifié des éléments des deux.

Date d'achèvement: le 31 mars 1991

RAPPORTS:

On n'en prévoit aucun avant la publication des lignes directrices et la réalisation du modèle de prévision des risques.

MOTS-CLÉS:

aménagement forestier, décomposition des rémanents, éclaircie, élagage, épinette blanche, feu, gestion des incendies forestiers, modélisation, pin gris, pin rouge, prévision des risques d'incendie, protection contre l'incendie, quantification des combustibles, soins culturaux

Collecte de données sur le comportement du feu interactif lors de brûlages dirigés allumés rapidement sur de grandes surfaces en Ontario.

Numéro de référence du projet: 33046

Chercheur/entrepreneur: R. Fitch, Compuheat Services Canada Inc., Calgary, Alberta

Responsable scientifique: B.J. Stocks, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Étudier et documenter le comportement des feux de forêt interactifs de grande surface au moyen d'appareils photographiques aéroportés à l'infrarouge.

DESCRIPTION:

Partout au Canada, les organismes de gestion des ressources ont recours régulièrement aux brûlages dirigés à grande échelle, car il s'agit d'une technique de préparation du site rentable. Ainsi, il n'est pas rare d'observer des brûlages dirigés sur de très vastes étendues, allumés habituellement au moyen d'un lance–flammes à action localisée monté sur hélicoptère. Dans la plupart des cas, il s'agit d'abord de mettre le feu rapidement à une portion de la zone visée, habituellement située au centre, de manière à créer rapidement une colonne de fumée; on procède ensuite à l'allumage du reste de la zone en pratiquant des lignes circulaires ou semi–circulaires orientées vers l'extérieur du périmètre à brûler.

Les brûlages de type à convection ainsi pratiqués à grande échelle créent des colonnes de fumée très hautes et produisent souvent des feux irréguliers et extrêmement intenses sous l'effet des interactions entre les multiples lignes d'allumage. Aussi les responsables de la gestion des incendies doivent–ils chercher à mieux comprendre le comportement des feux interactifs de grande surface s'ils veulent que les brûlages dirigés puissent être effectués de manière efficace et sécuritaire. Pour pouvoir acquérir les connaissances nécessaires et élaborer des lignes directrices adéquates en matière d'allumage, il nous faut trouver des moyens d'évaluer les effets de l'emplacement de la ligne de feu, la vitesse de propagation des incendies interactifs ainsi que le comportement du feu à la zone de jonction.

Colonne de convection créée par allumage central (B. Stocks)

Les tentatives antérieures visant à étudier le comportement des feux interactifs lors de brûlages dirigés à grande échelle ont toutes échoué à cause de la fumée et de la mauvaise visibilité au–dessus de ces feux. Dans le cadre de ce projet, un appareil photographique à l'infrarouge monté sur hélicoptère (Barr and Stroud IR18) a été utilisé pour étudier 2 brûlages dirigés de grande surface effectués dans le nord–est de l'Ontario, durant l'été 1988. La capacité de pénétration de la fumée de cet appareil à l'infrarouge a permis de procéder à des observations continues sur les modes d'allumage, la vitesse de propagation des feux interactifs et le comportement des feux de grande surface. Les données recueillies ont été enregistrées sur magnétoscope puis ont été transformées en images numériques par

l'entrepreneur, pour fins d'analyse ultérieure. Les techniques utilisées ont été résumées par Ogilvie et Fitch (1989).

PROGRÈS:

L'appareil photographique à l'infrarouge monté sur hélicoptère s'est avéré un outil pratique et efficace pour recueillir des données sur le comportement des feux interactifs de grande surface lors de brûlages dirigés à grande échelle. Pendant le déplacement de l'hélicoptère au–dessus du feu, l'appareil à l'infrarouge captait des images à grande définition qui ont par la suite été analysées pour déterminer la vitesse réelle de propagation de l'incendie et son accélération à mesure que se rejoignaient les lignes d'allumage sous le fort effet convectif. La description du comportement du feu lors des 2 brûlages dirigés effectués en 1988 a été publiée par McRae et collab. en 1989.

L'étude et la modélisation du comportement des feux de grande surface sont essentielles à l'élaboration de lignes directrices efficaces en matière d'allumage. Ainsi, afin de pouvoir satisfaire aux normes de fonctionnement, de sécurité et d'environnement, il est nécessaire de représenter l'ensemble du processus de brûlage dirigé, y compris le comportement des feux de grande surface et l'énergie ainsi libérée, la dynamique des colonnes de fumée, ainsi que la chimie et la dispersion de la fumée. Ce projet a permis de démontrer que la photographie à l'infrarouge s'avère un moyen efficace pour recueillir ce type de données nécessaires à la compréhension et à la modélisation du comportement des feux interactifs.

Grâce aux résultats encourageants obtenus en 1988, les recherches seront élargies afin de recueillir les données nécessaires à l'élaboration des lignes directrices destinées aux responsables des brûlages dirigés. Bien que cette recherche soit menée principalement en Ontario, les techniques utilisées peuvent de toute évidence être appliquées dans toutes les régions où se pratique le brûlage dirigé sur de vastes superficies.

Date d'achèvement: le 31 mars 1989

RAPPORTS:

McRae, D.J. et Stocks, B.J. Fire acceleration on large–scale convection burns. *dans* Proc. Tenth Conf. on Fire and Forest Meteorology, 17–21 avril 1989. Atmospher. Environ. Serv., Downsview, Ontario. (sous presse)

Ogilvie, C. 1989. Système aérien d'analyse et de gestion des données par l'infrarouge (AIDMAS). p. 70 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Ogilvie, C.J. et Fitch, R. 1989. A computerized infrared system for observation of prescribed fires. USDA For. Serv., Fire Management Notes 50(2) (sous presse).

MOTS–CLÉS:

allumage du feu, brûlage dirigé, comportement du feu, feu, feu de grande surface, gestion des feux de forêt, préparation du site, représentation à l'infrarouge, télédétection

Relâchage massif de parasitoïdes en vue de la répression des populations d'insectes forestiers nuisibles en Ontario — Sélection de souches du parasitoïde des œufs *Trichogramma minutum* pour fin de relâchage contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Numéro de référence du projet: 33041

Chercheur/entrepreneur: S.M. Smith, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario

Responsable scientifique: D.R. Wallace, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Optimiser l'efficacité du relâchage massif de parasites pour lutter contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette en déterminant la meilleure souche de Trichogramma *à employer.*

Trichogramma minutum (R. West)

DESCRIPTION:

Par suite de l'option pour l'aménagement intensif de peuplements forestiers choisis de grande valeur et de l'inquiétude grandissante au sujet de l'utilisation des produits chimiques aux fins de la protection des forêts, la mise au point de méthodes de remplacement pour la répression des ravageurs forestiers est devenue un domaine de recherche prioritaire. L'augmentation des populations d'ennemis naturels par relâchage massif de parasitoïdes indigènes constitue un des principes proposés.

En 1982, le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, l'Université de Guelph, l'Université de Toronto et Forêts Canada, Région de l'Ontario, ont entrepris la réalisation d'un projet destiné à évaluer le potentiel de relâchage massif du parasitoïde des œufs *Trichogramma minutum* en vue de la répression biologique de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Les travaux ont donné lieu à l'établissement d'une technique de production massive de parasitoïdes (10 millions par jour), des techniques de base des relâchages au sol et par aéronef, et de procédures de contrôle des populations de parasitoïdes. En outre, les travaux ont permis de prouver que le relâchage de parasitoïdes réduira grandement les populations de tordeuses des bourgeons de l'épinette (Smith et collab. 1987).

Bien qu'on ait atteint les principaux objectifs de ces travaux, il restait à confirmer le potentiel d'application pratique de la technique. Tout programme de relâchage massif a pour élément important la sélection de la souche la plus efficace du parasitoïde à propager. À cette fin, il faut avoir préalablement caractérisé différentes souches de parasitoïdes afin de pouvoir les reconnaître et en contrôler les changements génétiques pendant l'élevage massif. De plus, l'établissement d'une corrélation entre les caractéristiques constituant des indicateurs biologiques, telles que la composition isoenzymatique et les génomes d'ADN, et les traits de reproduction et de comportement désirables peut permettre une sélection rapide des souches nouvellement prélevées sur le terrain pour fin d'utilisation éventuelle dans le cadre de programmes de relâchage. Le projet doit aborder ces questions.

La stratégie sur laquelle repose le projet consiste à établir des populations d'élevage de différentes souches ou espèces de *Trichogramma* à partir des œufs parasités de plusieurs insectes qui ravagent les forêts. Les collections d'élevage sont maintenues en laboratoire sur des œufs d'alucite des grains *(Sitotroga cerealella)*, des spécimens étant conservés pour fin de vérification taxonomique d'usage. Ensuite, on soumet les parasites à un examen biochimique en laboratoire, afin d'en déterminer l'espèce et la souche (Smith et Hubbes 1986a,b,c).

Les traits biologiques des différentes espèces et souches sont examinés en même temps que les études biochimiques sont réalisées. Parmi les traits examinés qu'on sait influencer le rendement des parasitoïdes, mentionnons les activités motrices, le comportement de recherche, la sélection de l'hôte et le potentiel reproducteur.

Pendant l'été 1990, on déterminera sur le terrain le rendement des espèces et des souches ayant fait l'objet d'essais en laboratoire. On prêtera une attention particulière aux effets des densités et des microclimats des hôtes et des parasitoïdes. Ceux-ci seront relâchés à l'aide d'une soufflerie qui les projettera depuis le sol jusque dans le couvert du peuplement. Les dates de relâchage seront fixées de manière à coïncider avec les premiers stades de la ponte de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. On évaluera l'effet sur le parasitisme de cette tordeuse du relâchage de *Trichogramma* venant tant de masses d'œufs élevés en laboratoire que d'œufs pondus naturellement et prélevés sur le terrain.

PROGRÈS:

Des *Trichogramma* ont été prélevés pendant les étés 1988 et 1989 dans des régions de l'Ontario où il y a des populations naturelles de tordeuses des bourgeons de l'épinette et de tordeuses du pin gris. Des échantillons ont été soumis à un examen biochimique permettant l'identification de l'espèce et de la souche par électrophorèse sur gel d'amidon et de polyacrylamide, afin de définir les profils isoenzymatiques. L'examen des génomes d'ADN a permis de préciser l'analyse des empreintes digitales.

En 1988, on a conclu que tous les échantillons appartenaient à la même espèce arboricole, *Trichogramma minutum*. On est en train d'élever 16 souches de cette espèce, dont 8 ont été prélevées sur des œufs de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans le parc Quetico, 1 sur des œufs de cette tordeuse dans le parc Sibley et dans les environs de chacun des endroits suivants: Fort Frances, Kenora, Dryden et Ignace, 1 sur des œufs de tordeuse du pin gris à Ignace, 1 sur des œufs de tordeuse du tremble près de Sault Ste. Marie, et 1 dans une culture de 6 ans du département de biologie environnementale de l'Université de Guelph. De plus, on a constitué des collections de masses d'œufs de livrée des forêts pour en extraire les parasitoïdes puisque la présence de *Trichogramma* dans des spécimens de cette espèce a été observée au Maine.

En préparation des essais auxquels les souches de parasitoïdes seront assujetties en 1990, on a choisi des placettes de recherche dans des plantations d'épinettes blanches situées près de Dryden, dans le nord de l'Ontario. Les résultats initiaux des relâchements de parasitoïdes seront connus en 1990, mais ils devront être confirmés par l'évaluation de leurs incidences sur la population de larves de 1991.

Les recherches aideront à mettre au point la stratégie de relâchage de *Trichogramma* sur le terrain afin de lutter contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. S'il se révèle efficace, le relâchement massif de parasitoïdes pourrait devenir un précieux instrument non chimique de répression des ravageurs forestiers.

Date d'achèvement: le 31 mars 1991

RAPPORTS:

Smith, S.M. et Wallace, D.R. Two systems for releasing *Trichogramma minutum* (Hym.: Trichogrammatidae) from the ground in experimental plantation forests. (soumis à un journal)

Smith, S.M., Wallace, D.R., Howse, G.M. et Meating, J.H. Suppression of spruce budworm populations by *Trichogramma minutum*. (soumis à un journal)

Smith, S.M. et You, M. 1989. Lâchers massifs de parasites pour lutter contre les insectes ravageurs des forêts. p.47 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Co-présidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

Smith, S.M. and You, M. A life system simulation model for improving inundative releases of the egg parasitoid, *Trichogramma minutum* (Hym.: Trichogrammattidae) against the spurce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). Ecol. Modelling (sous presse)

MOTS-CLÉS:

ADN, caractérisation des parasitoïdes, indicateur biochimique, isoenzyme, parasitoïde, relâchage massif de parasitoïdes, répression biologique, tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Trichogramma minutum*

Production d'insectes en vue de la mise au point de pièges à tordeuse du pin gris.

Numéro de référence du projet: 33043

Chercheur/entrepreneur: Mme S. Palmer, Sault Ste. Marie, Ontario

Responsable scientifique: C.J. Sanders, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIF:

Élever des chrysalides de tordeuse du pin gris pour fin de caractérisation de la phéromone d'attraction sexuelle de cette tordeuse.

DESCRIPTION:

Les invasions d'insectes, particulièrement de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et de la tordeuse du pin gris, bouleversent les approvisionnements en bois de l'Ontario. C'est pourquoi il serait très utile que les gestionnaires forestiers puissent prévoir les invasions afin de modifier en conséquence les calendriers de récolte, etc. Jusqu'à dernièrement, le premier avertissement de prolifération d'insectes a coïncidé avec le début de la défoliation, ce qui ne donne pas beaucoup de temps pour prendre des mesures autres que celle de protéger le feuillage par épandage aérien.

Le piège à phéromone d'attraction sexuelle est un instrument relativement nouveau de prévision des pullulations d'insectes. Ces pièges sont extrêmement sensibles, peu coûteux et faciles à employer. Ils permettent de déterminer la variation annuelle des populations dans des cas où d'autres méthodes ne permettent pas de détecter des insectes (Allen et collab. 1986, Sanders 1988). Puisqu'ils peuvent assurer un délai de préparation de 5 à 10 ans, on s'intéresse beaucoup à ces pièges dans les provinces où le pin gris présente une importance économique.

Le succès pratique de la nouvelle technique dépend de la synthétisation de phéromones d'attraction sexuelle. La première étape de ce procédé consiste à déterminer les caractéristiques chimiques des phéromones naturelles, qui sont d'ordinaires composées d'au moins 2 éléments chimiques. Les principales composantes chimiques de la phéromone de la tordeuse des bourgeons

Piège à phéromone à tordeuse du pin gris (C. Sanders)

de l'épinette ont été identifiées (Sanders et Weatherston 1976, Silk et collab. 1980), et on est en train d'établir un réseau de surveillance englobant l'est de l'Amérique du Nord. Cependant, bien qu'elles aient été identifiées (Silk et collab. 1985), les principales composantes de la phéromone d'attraction sexuelle de la tordeuse du pin gris ne sont pas suffisamment puissantes pour qu'on puisse s'en servir dans un réseau de contrôle efficace. Il y a donc lieu de procéder à une caractérisation chimique plus poussée de la phéromone naturelle afin de pouvoir établir un mélange artificiel efficace.

En 1987 et en 1988, la caractérisation de la tordeuse du pin gris a été réalisée par le Conseil de la recherche et de la productivité du Nouveau-Brunswick (CRP) à l'aide de fonds fournis par les gouvernements de

l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba et de l'Ontario ainsi que par Forêts Canada, Région de l'Ontario. On a identifié des éléments chimiques supplémentaires, mais aucun de ceux–ci n'a pu faire augmenter de façon appréciable la puissance du mélange connu. En 1988 et en 1989, l'identification de toutes composantes du mélange a été entreprise par le département de chimie de l'Université Simon Fraser (SFU), en Colombie–Britannique.

Pour caractériser la phéromone, on doit disposer d'un grand nombre d'insectes, soit des tordeuses femelles dont on obtient de la phéromone naturelle et des mâles à assujettir à des épreuves biologiques pour déterminer les fractions chimiques actives. Le projet a pour but d'élever des insectes pour répondre à ce besoin.

PROGRÈS:

On a établi en laboratoire une colonie de tordeuses du pin gris qui produit de 500 à 1 000 individus par semaine. En 1988, 9 765 chrysalides femelles ont été fournies au CRP, et 615 à la SFU. Les tordeuses élevées ne portent aucune maladie et sont nourries d'aliments artificiels fabriqués localement par l'entrepreneur.

Les appâts synthétiques produits par le CRP et la SFU ont été essayés sur le terrain dans des pièges en 1988. Aucun n'a présenté d'avantages appréciables par rapport au mélange connu de phéromone, et aucun n'a été aussi attirant que les femelles vierges.

Vu l'échec des essais d'appâts synthétiques, la SFU a entrepris une nouvelle analyse exhaustive de la composition chimique de la phéromone. La phéromone naturelle a été extraite de tordeuses femelles et divisée en fractions qui ont été soumises à différents traitements chimiques et épreuves biologiques par Forêts Canada, Région de l'Ontario, afin de déterminer leur activité biologique. Les résultats portent à croire que la phéromone comprend une composante qui n'avait pas encore été identifiée et dont l'utilisation pourrait donner lieu à des leurres efficaces.

Le projet est un lien indispensable entre la caractérisation chimique de la phéromone d'attraction sexuelle de la tordeuse du pin gris et l'établissement d'une phéromone artificielle efficace comme appât dans les pièges à insectes.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Butterworth, E.W. et Silk, P.J. 1989. Development of a consistent trap bait and trapping system for jack–pine budworm. Final Report C/88/227, numéro de travail 600690. New–Brunswick Res. and Prod. Counc. 15p. + graphiques et tables.

Sanders, C.J. 1989. Les pièges à phéromone pour la détection précoce des pullulations des insectes. p. 51–52 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Co–présidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

MOTS–CLÉS:

phéromones, populations d'insectes, tordeuse des bourgeons de l'épinette, tordeuse du pin gris

Incidences de *Bacillus thuringiensis*, du fénitrothion et du Matacil® sur la faune forestière, y compris les insectes non visés.

Numéro de référence du projet: 33047

Chercheur/entrepreneur: J.F. Bendell, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario

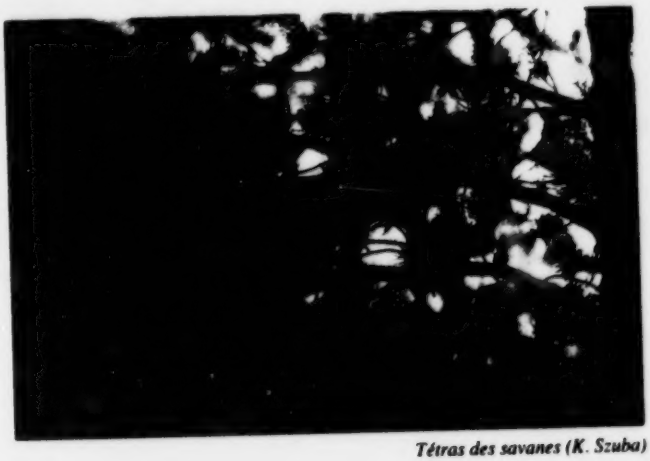
Responsable scientifique: F.W. von Althen, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Déterminer les rapports entre la forêt et la faune dans des plantations de pins gris de différents âges.

2. Évaluer les effets d'insecticides et d'agents de répression biologique spécifiques sur les insectes non visés et les autres espèces fauniques, y compris les effets de la réduction des populations d'insectes sur les insectivores et les carnivores.

3. Étudier des moyens de réduire au minimum l'incidence des insecticides sur les insectes non visés.



Tétras des savanes (K. Szuba)

DESCRIPTION:

L'inquiétude grandissante du public au sujet de l'utilisation des produits chimiques aux fins de l'aménagement forestier menace de mettre un terme à cette utilisation dans bien des parties de l'Ontario, en dépit de forts arguments présentés en faveur du recours aux herbicides et aux insecticides chimiques en sylviculture. Dans bien des cas, l'aménagiste forestier ne pourra pas réussir à pratiquer la foresterie commerciale avec succès si le recours à ces produits lui est interdit.

Les craintes quant aux effets directs et indirects de l'arrosage d'organismes non visés constituent un important facteur déterminant de l'acceptation, par le public, de l'utilisation d'insecticides. Le projet est destiné à tenter de montrer comment les insecticides influencent les populations non visées d'insectes et d'autres espèces fauniques, afin qu'on puisse déterminer les façons d'employer ces produits chimiques pour réprimer efficacement les ravageurs en nuisant le moins possible aux autres espèces.

Au cours des recherches, on compare le nombre des oiseaux, des mammifères, des amphibies et d'importants groupes d'arthropodes que comprend l'étage d'arbrisseaux et la couverture morte de différents peuplements de pins gris dont la superficie est >100 ha. Les peuplements étudiés se trouvent tous dans un secteur situé à environ 32 km au sud/sud–ouest de Gogama (Ontario). On procède à des analyses comparatives et de corrélation afin de montrer quelles sont les interactions des forêts et de la faune, particulièrement par rapport à l'âge du peuplement. Les répercussions des insecticides sont étudiées dans des secteurs expérimentaux et pendant l'arrosage opérationnel de lutte contre la tordeuse du pin gris.

PROGRÈS:

Des recensements fauniques réalisés dans des peuplements d'environ 5, 20 et 40 ans avaient pour objet notamment d'établir une description des différents habitats occupés par les espèces fauniques. Les plantations de pins gris de la région de Gogama sont très productives des points de vue du nombre des espèces

qui les occupent et de la densité de la faune. Toutefois, les populations fauniques varient de façon très marquée selon l'âge du peuplement. On a constaté que la diversité des espèces et la densité des populations sont les plus fortes dans les peuplements dont l'âge est ≥15 ans. Les espèces dont le nombre d'individus présents était le plus élevé sont le tétras des savanes, la musaraigne cendrée, le lièvre d'Amérique, le phenacomys et la grenouille des bois. De plus, les grives solitaires et les grives à dos olive étaient nombreuses. On a constaté que le lièvre d'Amérique a tendance à éliminer les arbrisseaux à feuilles caduques des peuplements de 10 à 30 ans, permettant ainsi à la régénération de pin gris de pousser sans concurrence végétale. Les populations de lièvres étaient faibles dans les vieilles forêts. Même dans les nouvelles plantations présentant d'abondantes réserves d'arbrisseaux dont ils peuvent se nourrir, les lièvres ne s'aventurent pas plus loin, en général, que 50 m au-delà de la lisière du peuplement.

On a étudié les déplacements des tétras des savanes entre les forêts en dotant de bagues-émetteurs 7 mâles et 16 femelles en mars, soit avant leur dispersion printanière. 14 femelles sont demeurées et ont niché au lieu de relâchage ou sont allées nicher dans les forêts de pins gris ou dans les forêts mixtes avoisinantes. L'analyse chimique des plumes a révélé que les tétras des savanes habitent un certain nombre de types de forêt.

Les populations de musaraignes cendrées et d'au moins 2 espèces de fauvettes ont augmenté considérablement pendant une infestation de tordeuses du pin gris. Toutefois, l'utilisation du fénitrothion et du Matacil® ainsi que de l'agent biologique *Bacillus thuringiensis (B. t.)* pour réprimer la tordeuse n'a eu que peu d'effet sur les organismes non visés.

Les recherches ont indiqué qu'on peut empêcher les pullulations de ravageurs et favoriser la prolifération de la faune en encourageant l'établissement d'un mélange d'espèces végétales dans les peuplements dominés par le pin gris. L'établissement de forêts inéquiennes où croît une grande variété d'arbrisseaux, d'herbes et de mousses et qui comprennent d'abondants creux de nidification aidera à la réduction des invasions par les ravageurs. Dans les cas où les épandages d'insecticides sont nécessaires, on peut réduire les incidences de ceux-ci sur les espèces non visées en n'arrosant que le couvert supérieur, préférablement après la période où les espèces animales utiles se nourrissent intensivement d'insectes.

Le projet sera profitable à l'aménagement forestier car il permet d'obtenir de l'information pouvant servir à l'établissement de recommandations sur l'aménagement intégré des ressources. Les résultats indiqueront, plus précisément, comment la manipulation des facteurs naturels à l'intérieur de l'écosystème forestier peut aider à la répression des insectes ravageurs.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Bendell, J.F. et James, R.D. 1989. Amélioration de la gestion du pin gris pour la protection du bois et de la faune. p. 30 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

Bortolloti, G.R., Szuba, K.J., Naylor, B.J. et Bendell, J.F. 1989. Mineral profiles of spruce grouse feathers show habitat affinities. J. Wildl. Manage. 53(3):811-817.

Bortolloti, G.R., Szuba, K.J., Naylor, B.J. et Bendell, J.F. Inter- and intrapopulation variation in feather chemistry of spruce grouse. Can. J. Zool. (sous presse)

Innes, D.G.L. et Bendell, J.F. 1989. The effects on small-mammal populations of aerial application of *Bacillus thuringiensis*, fenitrothion and Matacil® used against jack pine budworm in Ontario. Can. J. Zool. 67(5):1318-1323.

Innes, D.G.L. et Bendell, J.F. Populations of masked shrew, *Sorex cinereus*, in jack pine plantations in north-central Ontario. (soumis à un journal)

James, R.D. et Peck, M.K. The effect of even-aged jack pine plantations on summer bird populations in central Ontario. (soumis à un journal)

Naylor, B.J. et Bendell, J.F. 1989. Clutch size and egg size of spruce grouse in relation to spring diet, food supply and endogenous reserves. Can. J. Zool. 67(4):969-980.

Szuba, K.J., Naylor, B.J. et Bendell, J.F. Indirect effects of a bacterial insecticide (B.t.) on wild spruce grouse chicks. (soumis à un journal)

MOTS-CLÉS:

aménagement des ressources intégré, *Bacillus thuringiensis*, fénitrothion, incidences environnementales, insecticide, Matacil®, pesticide, pin gris, populations d'insectes, populations fauniques, répression biologique, tordeuse du pin gris

Mécanisme de l'effet de stimulation qu'a l'acide linoléique sur la formation de synnémas dans *Ophiostoma ulmi.*

Numéro de référence du projet: 33014

Chercheur/entrepreneur: R. S. Jeng, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario

Responsable scientifique: S. Takai, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

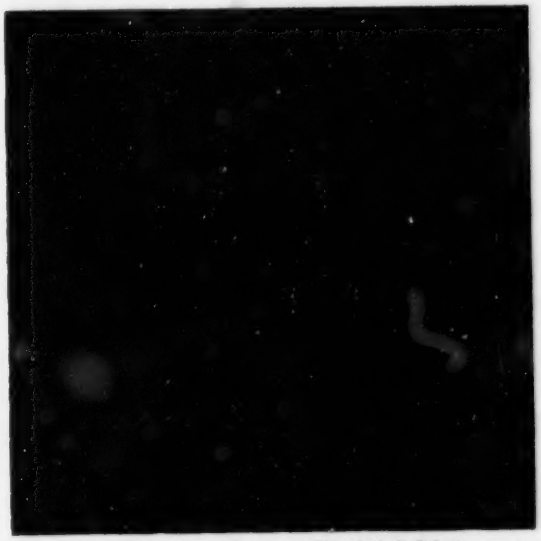
1. Isoler des protéines précises associées à la formation de synnémas en tant que marqueurs biologiques aux fins de la répression des maladies des arbres.

2. Étudier ce qui arrive à l'acide gras auquel on a ajouté de l'acide linoléique avant la formation de synnémas.

DESCRIPTION:

Pour produire des arbres ayant une forte résistance aux maladies, il faut bien comprendre les caractéristiques biochimiques et physiologiques des pathogènes associés aux cycles de maladie. *Ophiostoma ulmi*, agent fongique de la maladie hollandaise de l'orme, illustre bien ce point. La maladie hollandaise de l'orme est propagée par des scolytes de l'écorce qui transportent les fructifications du champignon, appelées "synnémas" ou "corémies", d'un arbre à l'autre. Il a été prouvé que l'acide linoléique a un effet stimulateur sur la formation de synnémas d'*O. ulmi* (Hubbes et collab. 1977, Takai 1980). Des cultures *in vitro* ont révélé que les isolats les plus agressifs du pathogène peuvent produire d'abondantes synnémas dans des milieux auxquels de l'acide linoléique a été ajouté, alors que les isolats non agressifs ne produisent pas de synnémas, sinon peu. Toutefois, on ne sait pas comment cet acide gras stimule la formation des synnémas.

La détection des protéines associées à la formation des synnémas pourrait révéler un indicateur biochimique précis aux fins d'expériences destinées à mettre au point des méthodes non chimiques de répression des maladies (voir aussi page 101). Les données tirées de l'analyse des protéines et des changements de la composition des acides gras du mycélium auquel de l'acide linoléique a été ajouté devraient permettre d'obtenir des données de base indiquant si cet acide sert uniquement de source d'énergie ou facilite l'assimilation d'éléments nutritifs ou la libération d'enzymes, ou les deux.



*Micrographe électronique à balayage d'*O. ulmi *(S. Takai)*

Le projet est destiné à éclaircir les effets de l'acide linoléique sur la formation de synnémas. Les recherches se déroulent en 3 phases sur des souches agressives et non agressives d'*O. ulmi*: (i) extraction de protéines solubles et détermination spectrophotométrique de l'activité de chaque enzyme participant à la formation de synnémas, (ii) détermination, par électrophorèse bidimensionnelle, des changements que subissent les protéines après l'addition d'acide linoléique, et (iii) détermination, par chromatographie gaz–liquide, de l'effet de l'acide linoléique sur la composition des lipides du mycélium du champignon.

PROGRÈS:

Après 2 ans d'incubation, les colonies de 2 isolats agressifs (VA et ND2) d'*O. ulmi* ont produit un pigment

foncé et d'abondantes corémies uniquement dans le milieu de culture auquel de l'acide linoléique avait été ajouté. Les isolats non agressifs n'ont pas produit de pigment foncé ou de corémies, avec ou sans supplément d'acide linoléique. Toutefois, l'ajout de cet acide a stimulé le croissance mycélienne, mesurée d'après le poids frais, de tous les isolats examinés, et a fait baisser la teneur du mycélium en protéines.

L'ajout d'acide linoléique au milieu de culture a influencé l'activité de 4 des 22 isoenzymes examinés. On a observé des changements de mobilité et de régime d'activité de la phosphoglucose isomérase, et une bande d'isoenzymes supplémentaire dans les enzymes estérase et malique des isolats agressifs du pathogène. De plus, l'acide linoléique a fait augmenter l'activité du peroxidase dans les isolats agressifs.

Dans les milieux de culture auxquels on n'avait pas ajouté d'acide linoléique, les isolats non agressifs ont eu des teneurs en lipides plus élevées que les isolats agressifs. Les acides palmitique, linoléique et linolénique ont été les principaux acides gras des deux groupes d'isolats. L'acide gras dominant a été l'acide linoléique, variant de 42 à 45% dans les isolats agressifs à 45 à 50% dans les isolats non agressifs. On a constaté que l'oléate désaturase était plus active dans les isolats non agressifs et que les teneurs en phospholipides des deux groupes d'isolats différaient considérablement. L'addition d'acide linoléique au milieu de culture a fait augmenter les teneurs en lipides du mycélium, bien que l'augmentation ait été plus forte dans le cas des isolats agressifs que dans celui des isolats non agressifs.

On a associé à la formation de synnémas l'intensification d'un spot de protéine de 92 kd dans un isolat ND2 agressif d'*O. ulmi* cultivé en présence d'acide linoléique. La détection de forte concentrations de cette protéine 10 jours après l'incubation a coïncidé avec la formation de synnémas, ce qui porte à croire que la protéine joue un important rôle dans leur formation. L'isolation de cette protéine peut permettre d'identifier le gène correspondant.

Une fois les recherches achevées, on disposera d'une information de base sur le rôle que joue l'acide linoléique dans la formation de synnémas au sein d'*O. ulmi*. L'élimination du gène qui régit la formation de synnémas à l'intérieur d'isolats agressifs et la libération subséquente de ces isolats entravera la propagation de la souche agressive du pathogène. Avec le temps, l'hôte et le pathogène atteindront un équilibre, de telle sorte qu'aucun arbre ne mourra plus de la maladie. De telles méthodes de répression biologique non chimique peuvent être employées pour lutter contre d'autres maladies des arbres.

Date d'achèvement: le 30 septembre 1989

RAPPORTS:

Jeng, R.S. 1986. Annual progress report: Mechanism of the stimulatory effect of linoleic acid on synnemata formation in *Ophiostoma ulmi*. Rapport classé. 24 p.

Jeng, R.S. 1987. Annual progress report: Mechanism of the stimulatory effect of linoleic acid on coremuim formation in *Ophiostoma ulmi*. Rapport classé. 9 p.

Jeng, R.S. 1989. Final report: Mechanism of stimulatory effect of linoleic acid on synnema formation in *Ophiostoma ulmi*. Rapport classé. 40 p.

Jeng, R.S. et Khan, M.U. 1989. Composition en acides gras des lipides d'isolats, agressifs ou non, de la maladie hollandaise de l'orme. p. 61 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Khan, M.U., Williams, J.P. et Jeng, R.S. 1986. The fatty acid composition and its alterations due to different incubation temperature in the lipids of aggressive and non–aggressive strains of *Ceratocystis ulmi*. Eur. J. For. Pathol. 16:423–432.

MOTS–CLÉS:

acides gras, acide linoléique, formation de corémies, formation de synnémas, isoenzyme, lipides, maladie hollandaise de l'orme, *Ophiostoma ulmi*, répression biologique

Identification biochimique d'isolats d'*Armillaria* et mesure de la vigueur de l'hôte.

Numéro de référence du projet: 33034
Chercheur/entrepreneur: M. Hubbes, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario
Responsable scientifique: M. Dumas, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

*1. Identifier des isolats d'*Armillaria *par des moyens biochimiques.*

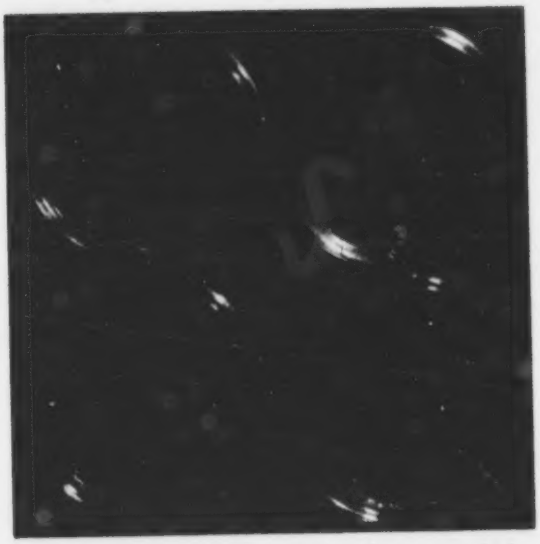
2. Établir un test biochimique permettant de mesurer la vigueur de l'hôte.

DESCRIPTION:

Le pourridié *Armillaria* est une des maladies qui fait mourir et pourrir le plus les arbres et arbrisseaux résineux et feuillus des peuplements forestiers naturels et des plantations. En Ontario, on a attribué au pourridié *Armillaria* des pertes considérables de volume marchand de sapin baumier, d'épinette noire et d'épinette blanche.

Outre les rapports selon lesquels *Armillaria* est un pathogène primaire, il y a de plus en plus de preuves indiquant qu'*Armillaria* agit principalement comme pathogène secondaire, s'attaquant aux arbres qui subissent un stress biotique ou abiotique (par exemple défoliation, maladie foliaire, gel, sécheresse, chancre de la tige, compactage du sol, pollution atmosphérique, etc.). Les travaux accomplis à l'Université de Toronto (Lin et collab. 1985) indiquent que le champignon a une croissance inférieure sur l'aubier des tiges sur pied que sur des disques de tige autoclavés du même hôte. Cela étaie l'avis selon lequel certaines espèces d'*Armillaria* servent de pathogènes secondaires.

Toute recherche significative sur la répression du pourridié à *Armillaria* dépend de l'identification appropriée des souches de pathogène. La connaissance des degrés de virulence de différentes souches et, particulièrement, de la concentration des composés fongistatiques présents dans le tissu de l'hôte, pourrait permettre de mesurer précisément la vigueur de l'arbre.



Armillaria ostoyae *sur des disques-témions (haut) et autoclavés (bas) (M. Hubbes)*

On a essayé d'attribuer et de corréler des différences de degré d'atteinte selon la distribution géographique et la spécificité à l'hôte, particulièrement depuis qu'on dispose d'une classification plus détaillée d'Armillaria (Rishbeth [1972, 1985] et autres). Toutefois, il est encore difficile d'identifier dûment les isolats *in vitro*. Il arrive très souvent qu'on ne dispose pas des isolats haploïdes nécessaires à des expériences de compatibilité destinées à déterminer les groupes d'individus interstériles. Cela tient principalement au fait que les fructifications ne sont pas toujours présentes sur les arbres atteints de pourridié à *Armillaria* et que le champignon produit rarement des fructifications *in vitro*.

Les chercheurs de l'Université de Toronto (Bernier et collab. 1983, Lin et collab. 1984) ont mis au point une méthode biochimique de différenciation des souches

fongiques. Le projet a pour but de continuer sur cette lancée jusqu'à l'établissement d'une méthode d'identification précise des isolats d'*Armillaria*. De plus, il est destiné à tenter d'établir une méthode simple et exacte permettant de mesurer la vigueur des arbres. Cela est une importante condition préalable à l'évaluation des facteurs de stress et du rôle qu'ils jouent dans l'infection par les pourridiés.

PROGRÈS:

On a différencié, selon leurs isoenzymes et leur composition protéique, 4 groupes d'individus interstériles d'espèces d'*Armillaria* qu'on trouve dans les forêts mixtes boréales de l'Ontario. On accomplira d'autres travaux grâce aux mêmes techniques afin de comparer les isolats d'*Armillaria* de différentes régions géographiques.

Des isolats des 4 groupes prélevés sur des résineux (pin blanc) et des feuillus (peuplier faux-tremble) ont été injectés dans des disques ligneux des mêmes essences et d'autres hôtes pour déterminer s'ils étaient spécifiques à un hôte. Les mêmes isolats ont été introduits dans des disques ligneux ayant subi différents traitements (par exemple passage à l'autoclave plutôt que stérilisation de surface, et enlèvement ou non-enlèvement de l'écorce et du cadmium) afin de déterminer l'influence de l'état de l'hôte sur la capacité de colonisation et de décomposition qu'a le champignon.

Grâce à la chromatographie en couche mince et à l'analyse spectroscopique dans l'ultraviolet, on a identifié provisoirement en tant qu'éther monométhylique de pinosylvine un important composé qui a inhibé la croissance d'*Armillaria ostoyae* (espèce biologique nord-américaine I) extrait de l'aubier frais du pin blanc. Il se peut qu'on puisse établir une corrélation entre la vigueur de l'hôte et la quantité ainsi que la fréquence de cet inhibiteur de l'activité fongique, et que celui-ci soit un utile indicateur biochimique aux fins de l'amélioration génétique de résistance.

L'éclaircissement des caractéristiques biologiques des espèces d'*Armillaria* facilitera la mise au point de mesures de répression de ces pathogènes et fera diminuer, avec le temps, les atteintes de pourridié en Ontario. Une fois qu'on aura déterminé, par exemple, si les différentes espèces d'*Armillaria* qu'on trouve dans une région donnée sont spécifiques à un hôte, on pourra entreprendre le reboisement avec des essences immunisées ou moins vulnérables, afin de réduire le potentiel de perte économique.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Hubbes, M. et Lin, D. 1986. Isozyme and protein patterns of *Armillaria* spp. 6th Ontario/Quebec Mycology Workshop. Univ. de Toronto, Collège Erindale, Dep. Bot., le 2 mars, 1986.

Hubbes, M. et Lin, D. C. 1989. Identification biochimique d'isolats d'*Armillaria* et mesure de la vigueur de l'hôte. p. 60–61 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Lin, D., Dumas, M.T. et Hubbes, M. 1989. Isozyme and general protein patterns of *Armillaria* spp. collected from the boreal mixedwood forest of Ontario. Can. J. Bot. 67:1143–1147.

Mwangi, L.M., Lin, D. et Hubbes, M. Identification of Kenyan *Armillaria* isolates by cultural morphology, intersterility tests and analysis of isozyme profiles. Europ. J. For. Pathol. (sous presse)

Mwangi, L.M., Lin, D. et Hubbes, M. Chemical factors in *Pinus strobus* L. inhibitory to *Armillaria obscura* (Secretan.) Romagn. Europ. J. For. Pathol. (sous presse)

MOTS-CLÉS:

Armillaria ostoyae, *Armillaria* spp., composition protéique, décomposition du bois, dommages causés aux arbres, indicateur biochimique, inhibition des pathogènes, isoenzyme, pertes forestières, pin blanc, pourridié, vigueur de l'hôte

Étude de la génétique des pathogènes et des mécanismes de résistance des arbres d'après des cultures de tissus.

Numéro de référence du projet: 33042

Chercheur/entrepreneur: M. Hubbes, Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto, Ontario

Responsable scientifique: R. Ho, Institut de la recherche forestière de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Maple, Ontario

OBJECTIFS:

*1. Étudier la génétique d'*Ophiostoma ulmi *et dresser une carte chromosomique de ce pathogène grâce à des techniques de génétique classique et moléculaire.*

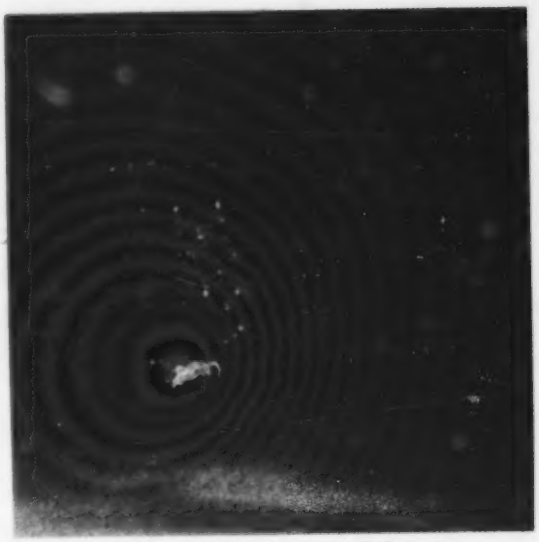
*2. Identifier les gènes qui régissent la pathogénécité et déterminent la valeur adaptive des parasites d'*O. ulmi.

3. Établir une épreuve biologique rapide, détaillée et précise permettant d'étudier les rapports entre le pathogène et l'hôte.

DESCRIPTION:

À mesure que l'aménagement forestier s'intensifie en Ontario, la fréquence des maladies des arbres forestiers augmentera sans doute. La répression des maladies pose déjà des problèmes aux aménagistes forestiers, non seulement en raison des frais relativement élevés qu'elle comporte mais aussi parce que l'utilisation de produits chimiques de répression fait l'objet de pressions grandissantes à cause des incidences environnementales négatives qu'elle peut avoir. Dans de telles circonstances, la répression biologique est une solution de rechange attrayante. Les travaux accomplis à l'Université de Toronto ont indiqué que les arbres ont de très efficaces, mais complexes, systèmes de défense contre les pathogènes envahisseurs. Ces systèmes sont fondés sur l'interprotection, qui dépend de la production de mansonones (composés fongitoxiques produits en réaction à une pénétration par un champignon) par l'hôte et à la virulence du pathogène. La manipulation de ces systèmes de défense peut aboutir à l'établissement de méthodes de lutte contre la maladie qui soient stables et écologiquement saines.

Le projet est la continuation de travaux déjà entrepris pour créer un modèle de répression biologique de la maladie hollandaise de l'orme. Le pathogène, qui est



Jeune plant produit par la culture de tissus (M. Dumas)

le champignon *Ophiostoma ulmi*, est facile à produire en laboratoire et se prête, on ne peut mieux, à des études physiologiques et génétiques. En plus, on peut réaliser des essais de pathogénécité sur plusieurs espèces et variétés d'ormes ayant différents degrés de résistance à la maladie. Au cours de la réalisation du projet, on mène des enquêtes afin d'identifier les gènes qui régissent la pathogénécité. En même temps, on étudie les mécanismes de résistance des hôtes.

Puisque les essais de pathogénécité classiques sur l'orme nécessitent beaucoup d'espace et de temps, on est en train de mettre au point une épreuve biologique de remplacement qui est fondée sur des cultures de tissus. La combinaison des deux méthodes d'essai donne naissance à un système très précis permettant de mettre en présence des souches de pathogène génétiquement distinctes et des cultures de cellules d'hôte spécifiques. Cela devrait permettre d'identifier les facteurs de

pathogénécité et les mécanismes de résistance de l'hôte qui entrent en cause dans les interactions arbre–pathogène.

PROGRÈS:

On a examiné des mutants d'un isolat agressif d'*O. ulmi* afin de repérer les mauvais producteurs de la toxine cérato–ulmine (CU). Des tests de complémentation ont été réalisés dans des hétérocaryons, et une carte chromosomique préliminaire a été établie. Les compositions isoenzymique et protéique des mutants seront analysées afin de déterminer s'il existe une corrélation entre des indicateurs biochimiques précis et la virulence du pathogène.

Des mutants retenus, y compris de mauvais producteurs de CU, ont été introduits dans des gaules d'orme d'Amérique pour établir des rapports entre des marqueurs génétiques précis et les gènes qui régissent la virulence. La virulence des mutants n'a pas différé sensiblement de celle de l'isolat prélevé sur le terrain. On a examiné 16 souches d'*O. ulmi* de virulence connue afin de déterminer leur teneur en plasmides (éléments génétiques extranucléaires). Les résultats appuient l'hypothèse selon laquelle la virulence des souches est régie par des gènes nucléaires du champignon.

On a déterminé la production de mansonones dans des cals de tissu de cellules d'orme d'Amérique (essence sujette à la maladie hollandaise de l'orme) et d'orme chinois (essence résistante). On a observé une variation considérable de la production de mansonone F dans les cals des deux essences. De plus, on a détecté une différence de quantité d'accumulation du mansonone F entre les cals d'une même essence. On cultive les cals qui ont donné lieu aux productions la plus élevée et la plus faible de mansonones, afin de les régénérer en jeunes plants. Si l'expérience réussit, les plants issus des cals à forte production de mansonones pourraient permettre de produire du matériel de reproduction résistant.

Les résultats immédiats de la recherche seront de permettre une meilleure compréhension de l'influence génétique des interactions hôte–pathogène dans le contexte de la maladie hollandaise de l'orme. Cette compréhension est indispensable à l'établissement d'un modèle de répression biologique de cette maladie. Dans une optique plus vaste, les techniques mises au point grâce au projet s'appliqueront à l'étude et à la répression d'autres maladies des arbres.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Bernier, L. 1988. Induction, characterization and mapping of mutations in *Ophiostoma ulmi*, the causal agent of Dutch elm disease. thèse Ph.D., Fac. For., Univ. de Toronto. 206 p.

Bernier, L. et Hubbes, M. Mutations in *Ophiostoma ulmi* induced by N–methyl–N'–nitro–nitrosoguanadine. Can. J. Bot. (sous presse)

Bernier, L. et Hubbes, M. Meiotic analysis of induced mutations in *Ophiostoma ulmi*. (soumis à un journal)

Hubbes, M. 1988. Pathogen virulence and host reaction in Dutch elm disease. Nat. Can. 115:157–161.

Hubbes, M. 1989. Étude de la génétique des pathogènes et des mécanismes de la résistance des arbres par la culture des tissus. p. 59 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Hubbes, M. The use of tissue culture in phyto–pathological studies. Colloque sur la culture in vitro en biologie végétale. Le jeudi 16 mars 1989, Pavillon Paul–Comtois, Univ. Laval. (sous presse)

Jeng, R.S., Yang, D–Q et Hubbes, M. 1989. Accumulation de mansonone et changements des protéines observés dans les cals de l'orme par suite de l'exposition à des filtrats de culture de la maladie hollandaise de l'orme. p. 62 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Szczegola, M. 1988. Induction of mansonones by *Ophiostoma ulmi* in tissue culture of *Ulmus americana* and *Ulmus pumila*. thèse M.Sc., Fac. For., Univ. de Toronto. 100 p.

MOTS–CLÉS:

composition protéique, culture de tissus, indicateur biochimique, isoenzyme, maladie hollandaise de l'orme, mansonone, *Ophiostoma ulmi*, orme chinois, orme d'Amérique, répression biologique, résistance à la maladie, virulence des pathogènes

Répression des pourridiés qui s'attaquent aux semis de conifères à racines nues dans les pépinières provinciales.

Numéro de référence du projet: 33045

Chercheur/entrepreneur: J.E. Saunders, Sault Ste. Marie, Ontario

Responsable scientifique: G.P. Munro, Section de répression des parasites, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

Étudier des stratégies de répression des pourridiés dont sont atteints les conifères de pépinière à racines nues, y compris (a) l'effet de l'élagage et du soulevage de racines sur la fréquence de la maladie, (b) l'utilisation de produits chimiques pour réprimer les pourridiés des pins, (c) les populations telluriques des pathogènes, (d) la survie de l'épinette infectée de pourridié après le plantage sur le terrain, et (e) l'effet de la solarisation des sols sur les populations de champignons.

Pin blanc infecté par Cylindrocladium *(J. Saunders)*

DESCRIPTION:

On a attribué à des champignons le dépérissement et la mort de semis de conifères pour cause de pourridié dans des pépinières d'arbres forestiers. On estime que les pourridiés associés à *Cylindrocladium floridanum*, *Cylindrocarpon destructans* et *Fusarium oxysporum* posent un important problème dans les pépinières de plants à racines nues de l'Ontario. Des pertes relativement importantes de semis d'épinette ainsi que de pin rouge et de pin blanc causées par des pourridiés associés aux champignons susmentionnés ont été signalées.

Par le passé, on réprimait les pourridiés causés par des champignons grâce à la fumigation du sol aux produits chimiques. Toutefois, cela n'a d'ordinaire qu'un effet de courte durée. De plus, on s'inquiète beaucoup des effets négatifs de la fumigation du sol sur les micro-organismes favorables et nuisibles.

Les pépinières provinciales des plants à racines nues sont en train d'adopter une méthode plus intégrée de répression des pourridiés et des champignons qui leur sont associés. Cette méthode comprend non seulement des moyens de répression chimiques des pathogènes, mais aussi des mesures d'assainissement améliorées (par exemple l'élagage des racines, qui consiste à retirer les morceaux de racine qui restent après le soulèvement des semis) et la prise en compte des populations telluriques de pathogènes ou de la fréquence antérieure des pourridiés au cours de la planification de la révolution suivante. De plus, on prête davantage d'attention aux répercussions des pratiques culturales sur l'incidence des pathogènes et des maladies.

Le projet comprend un certain nombre d'essais semi-opérationnels devant permettre de répondre à des questions qu'il faut trancher afin d'établir des stratégies intégrées de répression des pourridiés de conifères en pépinière. Ces questions ont trait à l'influence des pratiques de culture et de répression des maladies sur la fréquence des pourridiés, aux taux probables de réinvasion des sols fumigés par les pathogènes de pourridié et aux pertes auxquelles on peut s'attendre si des semis de conifères infectés de pourridié sont expédiés et plantés sur le terrain.

PROGRÈS:

Dans plusieurs pépinières provinciales, on emploie à titre opérationnel l'élagage des racines et le soulevage de racines, principalement pour modifier les caractéristiques des pousses et des racines des semis et de conditionner ceux-ci. Il a été dit que le stress et les lésions des racines que causent de telles pratiques peuvent faire augmenter la fréquence des pourridiés dans les semis de conifères. Pour mettre cette hypothèse à l'épreuve, on procède à des essais sur des planches de semis de pin gris et de pin rouge, respectivement, des pépinières de Midhurst et de Thessalon. On étudie les concentrations de pathogènes et l'incidence de la maladie dans les planches de semis traitées et non traitées. Selon les indications préliminaires, le degré d'infection était faible avant le traitement et n'a pas changé sensiblement depuis l'élagage et le soulevage de racines.

L'insolation du sol a permis de réprimer certaines maladies agricoles des racines et constitue une méthode non chimique de lutte contre les pathogènes du sol (Katan 1981, Stapleton et DeVay 1986). On est en train de réaliser un essai semi-opérationnel de cette technique dans la pépinière de St. Williams. L'essai est effectué de concert avec J. Potter (Agriculture Canada, Vineland [Ontario]), qui surveille l'effet des traitements du sol sur les populations du nématode *Paratrichodorus pachydermis*. Des lits de transplantation humidifiés ont été recouverts de polythène translucide pour 83 jours pendant la période la plus chaude de l'été 1988. L'insolation a donné lieu à une réduction marquée du nombre des propagules de *Cylindrocladium* qui se trouvaient dans les 10 cm supérieurs du sol. Au printemps 1989, on a transplanté des semis d'épinette blanche dans les lits traités, afin de déterminer si la réduction des teneurs en pathogènes se traduirait par une diminution de l'incidence de pourridié.

Bien que le recours à des vapeurs insecticides à large spectre d'action puissent permettre de réprimer des pathogènes, leur efficacité peut être réduite si le champignon est capable d'envahir de nouveau le sol sous forme de saprophyte. En 1987, on a entrepris un essai préliminaire de réinvasion dans un compartiment qui avait été fumigé au Basamid® granulaire. Bien que la fumigation ait réduit considérablement les populations telluriques de *Cylindrocarpon* et de *Fusarium*, les concentrations de pathogènes sont redevenues aussi élevées le printemps suivant, soit 8 mois plus tard, qu'elles l'étaient avant la fumigation. On surveille actuellement l'évolution d'un deuxième essai, entrepris en 1988, pour déterminer à quel rythme se déroule la réinvasion des sols fumigés.

On connaît mal les taux de mortalité, après le plantage sur le terrain en Ontario, des semis de conifères infectés de pourridiés. Des essais ont été entrepris à Midhurst (Ontario) pendant le printemps 1988 sur des plants d'épinette noire à racines nues sains et infectés de *Cylindrocladium*. Ces plants venaient des pépinières de Thunder Bay et de Kemptville. Selon les résultats préliminaires, il se peut que le taux de mortalité des semis infectés soit élevé. Au bout de 6 mois, plus de 30 % des semis dont la racine principale était infectée et de 20 à 30 % de ceux dont les racines latérales étaient infectées au moment du plantage sont morts. On étudiera les taux de mortalité et la fréquence des pourridiés associés à *Cylindrocladium* pendant la deuxième saison de croissance.

L'information acquise grâce aux essais sera d'une utilité immédiate aux pépiniéristes et contribuera à l'établissement de stratégies de répression des pourridiés dans les pépinières de plants à racines nues.

Date d'achèvement: le 31 mars 1990

RAPPORTS:

Saunders, J.E. et Juzwik, J. 1989. The management of conifer seedling root rot in provincial bareroot nurseries. Rapport classé.

Saunders, J.E. et Juzwik, J. 1989. Lutte contre le pourridié chez les semis de conifères à racines nues des pépinières provinciales. p. 63 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O-P-18.

MOTS-CLÉS:

Basamid®, *Cylindrocarpon destructans*, *Cylindrocladium floridanum*, élagage des racines, épinette blanche, épinette noire, fumigation du sol, *Fusarium oxysporum*, maladies de pépinière, pin blanc, pin gris, pin rouge, pourridié, production de plants à racines nues, repiquage, solarisation des sols, soulevage de racines, survie des semis

Transfert de la technologie concernant les pourridiés.

Numéro de référence du projet: 33015

Chercheur/entrepreneur: Pro–Vision Communications Inc., Toronto, Ontario

Responsable scientifique: R.D. Whitney, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Décrire en des termes faciles à comprendre, à l'intention des gestionnaires et des ingénieurs forestiers, les causes, les symptômes et les dommages des pourridiés dont peuvent être atteints les arbres de l'Ontario ainsi que les pertes qui y sont associées et les mesures de prévention et de répression possibles.

2. Améliorer la capacité des gestionnaires forestiers de reconnaître les diminutions et les pertes causées par les pourridiés, d'en déterminer l'ampleur et d'étudier différentes solutions de rechange sylvicoles à adopter en vue d'atteindre les objectifs d'aménagement forestier à la lumière des pertes possibles.

DESCRIPTION:

Outre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les incendies et la régénération insuffisante, les pourridiés et les caries du tronc posent certains des principaux problèmes d'aménagement des forêts de l'Ontario. On a observé des signes de pourridié sur 90 % des arbres commercialisables de l'Ontario. La carie cause une perte annuelle de plus de 20 millions de m^3 de bois, volume à peu près égal à celui du bois récolté. Les pourridiés interviennent pour près de 12 millions de m^3 dans ce total.

Bien qu'on ait publié beaucoup d'information sur la pathologie des pourridiés qui nuisent aux arbres de l'Ontario, la majeure partie de cette information a un caractère très technique. De plus, une grande partie de l'information est disséminée dans de nombreux journaux scientifiques et autres revues spécialisées, auxquels le lecteur profane n'a pas, d'ordinaire, facilement accès.

Carie du pied dans des billes d'épinette (R. Whitney)

Vu les incidences économiques des pourridiés et le besoin de sensibiliser le forestier aux facteurs prédisposants, aux symptômes de la maladie, etc., il a été reconnu qu'il y avait lieu de consolider l'information scientifique pour en faire des documents simples et faciles d'accès. Le projet a consisté à faciliter le transfert de l'information technique sur les pourridiés en i) produisant une courte bande vidéo sur le sujet et ii) rédigeant un livret illustré destiné aux forestiers.

PROGRÈS:

Un guide pratique de 35 pages a été publié en 1988. Il s'intitule *L'Ennemi caché: Guide du forestier servant à identifier et à enrayer les principaux pourridiés en Ontario.* Ce guide comprend de l'information vulgarisée et pratique sur l'incidence et les symptômes des maladies, les cycles de vie des champignons qui les causent, le type des dommages, les sources d'inoculum

connexes, les facteurs prédisposants et les mesures de prévention et de répression recommandées. La popularité du livret a été telle qu'il a fallu le réimprimer en 1989.

Le livret comprend de nombreuses photographies en couleurs qui illustrent des arbres et des peuplements infestés ainsi que plusieurs des espèces de champignons qui s'attaquent aux arbres en Ontario, dont le nombre total dépasse 25, des dessins au trait et des cartes de distribution. Le guide met l'accent sur les trois espèces de champignons causant des pourridiés qui endommagent le plus les conifères cultivés commercialement en Ontario, soit *Armillaria obscura, Inonotus tomentosus* et *Heterobasidion annosum.*

Une bande vidéo de 23 minutes (VHS seulement), intitulée "L'Ennemi caché. Transfert de la technologie concernant les pourridiés" a été publiée en même temps que le livret. Elle présente bon nombre des photographies qui paraissent dans le livret et des extraits appropriés de film et de vidéo. Le commentaire, fondé sur le même texte que le guide, indique les répercussions des pourridiés sur l'aménagement forestier et l'influence que les pratiques sylvicoles peuvent avoir sur les atteintes fongiques. Le livret et la bande vidéo existent en versions française et anglaise.

Par suite de la parution du livret et de la vidéo, 3 ateliers de transfert de la technologie ont eu lieu en 1988 (dans les districts forestiers de Geraldton, de Sioux Lookout et de Midhurst–Simcoe). Un quatrième atelier dans l'unité d'aménagement de Kirkwood (district de Sault Ste. Marie) s'est tenu en septembre 1989. Ils étaient destinés à permettre aux gestionnaires et aux techniciens forestiers d'acquérir une expérience pratique de la reconnaissance des symptômes que présentent les arbres, des champignons qui causent les pourridiés et des effets des pratiques d'aménagement forestier sur la fréquence de la maladie.

Date d'achèvement: avril 1988

RAPPORTS:

Whitney, R.D. 1988. L'Ennemi caché. Transfert de la technologie concernant les pourridiés. Pour usage sur le terrain: guide du forestier servant à identifier et à enrayer les principaux pourridiés en Ontario. Publié conjointement par Forêts Canada et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 35 p.

Whitney, R.D. 1988. The Hidden Enemy. Root rot technology transfer. For practical use in the field: a forester's guide to identification and reduction of major root rots in Ontario. Publ. conj., Serv. can. for./min. Rich. nat. Ont. 35 p.

Whitney, R.D. 1989. Transfert de la technologie sur le pourridié. p. 64–65 *dans* Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18.

Vidéocassette

L'Ennemi caché. Transfert de la technologie concernant les pourridiés. Produit par Pro–Vision Communications Inc. pour le compte de Forêts Canada. 1988. VHS, 23 minutes.

The Hidden Enemy. Root rot technology transfer. Produced by Pro–Vision Communication Group Inc. for Can. For. Serv., 1988. VHS, 23 minutes.

On peut emprunter la vidéocassette à Forêts Canada, Région de l'Ontario, et la copier.

MOTS–CLÉS:

Armillaria obscura, carie du bois, endommagement des arbres, *Heterobasidion annosum, Inonotus tomentosus,* outils d'apprentissage, pertes forestières, pourridié, transfert de la technologie

Salon de la recherche forestière.

Numéro de référence du projet: 33039

Chercheur/entrepreneur: Forêts Canada, Région de l'Ontario, et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, sous les auspices du comité de la recherche forestière de l'Ontario

Responsable scientifique: G.K.M. Smith, Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ontario

OBJECTIFS:

1. Sensibiliser les gestionnaires forestiers des secteurs public et privé à l'ampleur de la recherche forestière réalisée en Ontario et à l'apport ou à l'application qu'elle peut avoir à l'aménagement futur des forêts de l'Ontario.

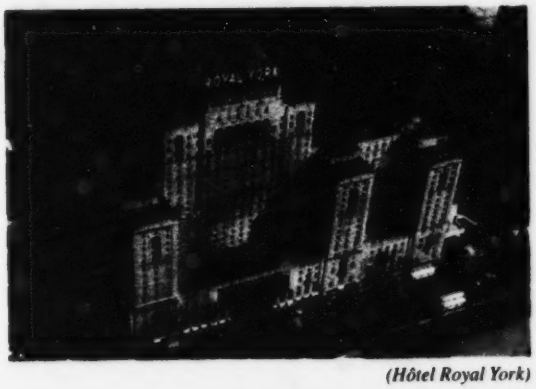
2. Aider à la diffusion des résultats des recherches financées en vertu de l'ECOMVRF aux utilisateurs possibles de l'Ontario.

3. Établir une tribune d'échange d'information et de discussion en table ronde pour les chercheurs, aménagistes forestiers, universitaires et autres parties intéressées au sujet des besoins actuels et futurs en recherche sur les forêts de l'Ontario.

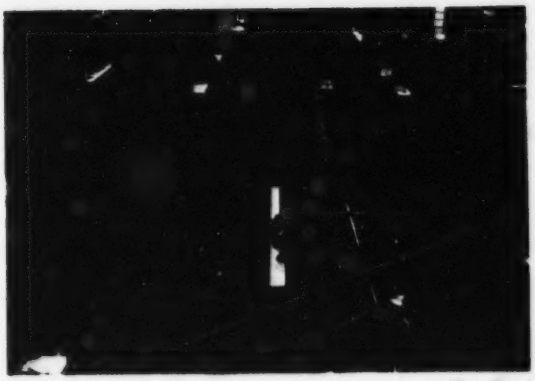
DESCRIPTION:

Le Salon de la recherche forestière promet d'être une des plus vastes et des plus importantes expositions sur la recherche, le développement et l'innovation en matière de foresterie qui aient été tenues en Ontario. Le salon, qui durera 2 jours, aura lieu à l'hôtel Royal York, à Toronto, les 22 et 23 novembre 1989. On prévoit qu'il attirera un vaste éventail de personnes s'intéressant à l'aménagement des forêts ontariennes, y compris des chercheurs, des autorités gouvernementales et industrielles, des gestionnaires et des administrateurs, des ingénieurs forestiers, des universitaires, des étudiants, des journalistes et ces membres du public interessés.

Le Salon de la recherche forestière a pour but de présenter l'apport de la recherche et de l'application de ses résultats à l'avancement des pratiques d'aménagement forestier en Ontario. On y indiquera l'importance et les avantages que les travaux de recherche fondamentale ou appliquée ou de développement présentent pour les décisionnaires supérieurs du secteur forestier, les utilisateurs des résultats de recherche et le public.



(Hôtel Royal York)



(For. Can.)

Le salon comprendra environ 175 panneaux affichant les résultats de recherches réalisées par des scientifiques de Forêts Canada, du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, des universités et de l'industrie forestière ainsi que par des entrepreneurs et des experts–conseils.

Ces panneaux porteront principalement sur l'accroissement et la mise en valeur des forêts, englobant des sujets tels que la génétique, l'écologie forestière, la sylviculture, la protection, l'accroissement et le rendement des forêts, la télédétection, l'informatique et l'analyse économique. Les visiteurs du salon auront l'occasion de s'entretenir individuellement avec des chercheurs et d'autres présentateurs afin d'obtenir des interprétations de première source des résultats de recherche, et de participer à des discussions avec des collègues et des chercheurs. L'exposition a pour important objectif de favoriser les relations entre les chercheurs et les gestionnaires forestiers.

En plus des séances de discussion autour des panneaux, on tiendra régulièrement des ateliers, des démonstrations et des séances de projection de bandes vidéo. En outre, il y aura environ 50 kiosques commerciaux où des fabricants et des fournisseurs d'équipement, des experts–conseils, etc., présenteront des biens et des services ayant trait à l'aménagement forestier. Parmi les autres éléments du salon, mentionnons une zone de présentation des publications et des kiosques auxquels différents organismes participant à la recherche et au développement forestiers en Ontario exposeront leurs programmes.

Le Salon de la recherche forestière est organisé par le Comité de recherche sylvicole de l'Ontario et financé, en grande partie, grâce aux fonds fédéraux consacrés directement à la réalisation de l'Entente Canada–Ontario concernant la mise en valeur des ressources forestières (ECOMVRF). La direction du salon, par l'entremise du Comité consultatif de la recherche prévu par l'ECOMVRF, est assurée par un comité directeur comprenant des représentants de la Région de l'Ontario de Forêts Canada (ROFC), du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (MRNO) et de la Faculté de foresterie de l'Université de Toronto. L'organisation du salon est assurée par un comité de planification composé de représentants de la ROFC, du MRNO, de l'Institut forestier national de Petawawa, de l'Université de Toronto et de l'Ontario Forest Industries Association.

RAPPORTS:

Smith, G.K.M. et Bates, D. (Coprésidents). 1989. Salon de la recherche forestière. Résumés: Affiches sur la recherche forestière, ateliers et présentations commerciales. Forêts Canada, Région de l'Ontario, Sault Ste. Marie, Ont. OFRC Symp. Proc. O–P–18. 151 p. + 20 p. supplement.

MOTS–CLÉS:

transfert de la technologie

POSTFACE

À titre de première exposition d'envergure sur la recherche et le développement en foresterie ayant lieu en Ontario, le Salon de la recherche forestière fut un succès exceptionnel. Les panneaux et les kiosques portant sur une grande variété de sujets témoignent du vif intérêt suscité de part et d'autre.

En effet, on y trouva 180 panneaux affichant des résultats de recherches, 51 kiosques commerciaux, et 14 kiosques à but non lucratif. En plus, à titre de complément, 24 ateliers et plusiers scéances de projection de bandes vidéos ont été présentés. Bien qu'en grande partie les panneaux portaient sur la recherche réalisée en Ontario, des chercheurs d'autres provinces se sont aussi bien distingués. Parmi les panneaux présentés, 36 (dont les rapports sont inclus dans ce compendium) furent financés en vertu du sous–programme de recherche, application et développement en matière de foresterie relevant de l'ECOMVRF.

Les présentateurs représentaient divers secteurs des gouvernements fédéral et provinciaux: du gouvernement fédéral: Centres régionaux de Forêts Canada (de l'Ontario, de Québec, du Nouveau Brunswick et de Terre Neuve), L'Institut forestier national de Petawawa, l'Institut pour la répression des ravageurs forestiers, le Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada, et le Centre canadien de la télédétection; des gouvernements provinciaux: le Ministère des richesses naturelles de l'Ontario, L'Institut ontarien des recherches forestières, le Centre ontarien de la télédétection, et le Ministère de l'énergie et des richesses naturelles de Québec; une bonne réprésentation aussi de 8 universités, 1 college, l'Institut canadien de recherches en génie forestier, et Forintek Canada; et en plus de plusiers compagnies privées, le Research Corporation de la Colombie–britannique, le Research and Productivity Council du Nouveau–Brunswick, et le Musée royal de l'Ontario étaient aussi présents.

Environ 1000 personnes, y inclus les présentateurs, ont participé au Salon de la recherche forestière, nombre qui se conforme aux prévisions des organisateurs. Vu la nouveauté de l'évenement, soit le premier en Ontario, ceci reflète un bon taux de participation. La plus grande partie de l'assistance comptait des fonctionairres civils, avec forte représentation de travailleurs sur le terrain, et chercheurs scientifiques; ce fut encourageant de voir bon nombre d'étudiants évidemment piqués et motivés par les divers panneaux exposés. En effet, la plus grande déception pour les organisateurs était certes la faible participation de la part de l'industrie forestière, un des groupes cibles principaux visés lors de la planification de cet évenement.

NOMS COMMUNS ET NOMS SCIENTIFIQUES

Arbres et arbrisseaux

Aulne	
rugueux	*Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng.
Bouleau	
à papier	*Betula papyrifera* Marsh.
jaune	*Betula alleghaniensis* Britt.
Cerisier de Pennsylvanie	*Prunus pensylvanica* L.f.
Chêne	
rouge	*Quercus rubra* L.
Coudrier	
à long bec	*Corylus cornuta* Marsh.
Épinette	
blanche	*Picea glauca* (Moench) Voss
de Norvège	*Picea abies* (L.) Karst.
noire	*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.
Érable	
à épis	*Acer spicatum* Lam.
à sucre	*Acer saccharum* Marsh.
Faux-acacia	*Robinia pseudoacacia* L.
Févier épineux	*Gleditsia triacanthos* L.
Frêne	
blanc	*Fraxinus americana* L.
noir	*Fraxinus nigra* Marsh.
Hêtre à grandes feuilles	*Fagus grandifolia* Ehrh.
Mélèze	
de Dahurie	*Larix gmelinii* Kuzeneva
de Sibérie	*Larix sibirica* Ledeb.
d'Europe	*Larix decidua* Mill.
hybride	*Larix decidua* Mill. X *L. kaempferi* Carr.
laricin	*Larix laricina* (Du Roi) K. Koch
Orme	
chinois	*Ulmus pumila* L.
d'Amérique	*Ulmus americana* L.
Ostryer de Virginie	*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch
Peuplier	
à grandes dents	*Populus grandidentata* Michx.
baumier	*Populus balsamifera* L.
deltoïde	*Populus deltoides* Marsh.
faux-tremble	*Populus tremuloides* Michx.
hybride	*Populus tremuloides* Michx. x *P. tremula* L.
Pin	
blanc	*Pinus strobus* L.
gris	*Pinus banksiana* Lamb.
rouge	*Pinus resinosa* Ait.
sylvestre	*Pinus sylvestris* L.
Sapin	
baumier	*Abies balsamea* (L.) Mill.
Saule	
noir	*Salix nigra* Marsh.
Thuya	
occidental	*Thuja occidentalis* L.
Tilleul d'Amérique	*Tilia americana* L.
Verne	*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.

Petits arbrisseaux et herbes

Carex	*Carex* spp.
Coptide du Groënland	*Coptis groenlandica* (Oeder) Hultén
Epilobe à feuilles étroites	*Epilobium angustifolium* L.
Géranium de Bicknell	*Geranium bicknellii* Britt.
Linnée boréale	*Linnaea borealis* L.
Mélampyre linéaire	*Melampyrum lineare* Desr.
Thé des bois	*Gaultheria procumbens* L.
Thé du Labrador	*Ledum groenlandicum* Oeder
Violette à éperon crochu	*Viola adunca* Sm.

Fougères, mousses et lichens

Dicrane rugueux	*Dicranum polysetum* Sw.
Dryoptéride spinuleuse	*Dryopteris spinulosa* (O.F. Muell.) Watt
Hypne éclatante	*Hylocomium splendens* (Hedw.) BSG.
Lichen des caribous	*Cladonia* spp.
Polytric	*Polytrichum commune* (Hedw.)

Champignons

Carie alvéolaire du pied	*Inonotus tomentosus* (Fr.) Teng
Maladie du rond	*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.
Maladie hollandaise de l'orme	*Ophiostoma ulmi* (Buism.) Nannf.
Pourridié–agaric *Armillaria*	*Armillaria obscura* (Schaeffer) Herink
Pourridié–agaric *Armillaria*	*Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink
Pourridié–agaric *Cylindrocarpon*	*Cylindrocarpon destructans* (Zinss.) Scholten
Pourridié fusarien	*Fusarium oxysporum* Schlecht.
Pourriture des racines	*Cylindrocladium floridanum* Sob. & C.P. Seym.

Champignons à mycorhize:

Hebeloma cylindrosporum Romagn.
Laccaria bicolor (R. Maire) Orton
Laccaria proxima (Boud.)
Pisolithus tinctorius (Pers.) Coker & Couch
Rhizopogon rubescens (Tul.) Tulasne
Thelephora terrestris Ehrh.:Fr.

Insectes

Livrée des forêts	*Malacosoma disstria* Hbn.
Tordeuse des bourgeons de l'épinette	*Choristoneura fumiferana* (Clem.)
Tordeuse du pin gris	*Choristoneura pinus pinus* Free.
Tordeuse du tremble	*Choristoneura conflictana* (Wlk.)
Un parasite *Trichogramma*	*Trichogramma minutum* Riley

Mammifères et amphibiens

Grenouille des bois	*Rana sylvatica* LeConte
Grive à dos olive	*Hylocichla ustulata* (Nuttall)
Grive solitaire	*Hylocichla guttata* (Pallas)
Lièvre d'Amérique	*Lepus americanus* Erxleben
Musaraigne cendrée	*Sorex cinereus* Kerr
Orignal	*Alces alces* (L.)
Phenacomys	*Phenacomys intermedius* Merriam
Tétras des savanes	*Canachites canadensis* (L.)

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

Allen, D.C., Abrahamson, L.P., Eggen, D.A., Lanier, G.N., Swier, S.R., Kelley, R.S. and Auger, M. 1986. Monitoring spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) populations with pheromone–baited traps. Environ. Entomol. 15: 152–165.

Anon. 1972. Forest production policy options for Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Div. For., Toronto, Ont. 54 p. + annexes.

Anon. 1981. Document de travail: Stratégie forestière du Canada. Dep. Environ., Serv. can. for., Ottawa, Ont. 26 p. + tableaux et graphiques.

Anon. 1982. Énoncé de politique: plan sommaire de renouvellement forestier. Dep. Environ., Ottawa, Ont. 7 p.

Anon. 1982a. Northeastern Ontario strategic land use plan. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 62 p.

Anon. 1982b. Private land forests: a public resource. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 161 p.

Anon. 1982c. Thunder Bay district land use plan — background information. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 119 p.

Anon. 1983. Thunder Bay district land use guidelines. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 108 p.

Anon. 1988. Statistics 1987–1988. Statistical supplement to the Annual Report of the Minister of Natural Resources for the year ending March 31, 1988. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 114 p.

Baldwin, K.A. and Sims, R.A. 1989. Field guide to the common forest plants of northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 344 p.

Beaufils, E.R. 1956. Mineral equilibriun in the foliage and latex of *Hevea brasiliensis*. Ann. IRNA Annales Agronomique 2: 205.

Bernier, L., Jeng, R.S. and Hubbes, M. 1983. Differentiation of aggressive and non–aggressive isolates of *Ceratosystis ulmi* by gel electrophoresis of intramycelial enzymes. Mycotaxon 17: 456–465.

Bewley, J.D. and Black, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 2. Springer–Verlag, New York. 375 p.

Bonner, F.T. 1986. Measurement of seed vigor for loblolly and slash pines. For. Sci. 32: 170–178.

Cowell, D.W., Wickware, G.M. and Sims, R.A. 1979. Ecological land classification of the Hudson Bay Lowland coastal zone, Ontario. p. 165–175 *in* C.D.A. Rubec (Ed.), Proc. 2nd Mtg., Can. Comm. on Ecol. Land. Class. Dep. Environ., Lands Directorate, Ottawa, Ont. Ecol. Land Class. Ser. 7.

Dunn, F. 1988. Guidelines for developing fire management strategies. Ont. Min. Nat. Resour., Aviation and Fire Manage. Centre, Sault Ste. Marie, Ont. 50 p.

Edwards, C.J. and Hartwig, E.E. 1971. Effect of seed size upon rate of germination in soybeans. Agron. J. 63: 429–430.

Fayle, D.C.F., MacIver, D. and Bentley, C.V. 1983. Computer–graphing of annual ring widths during measurement. For. Chron. 59(6): 291–293.

Goba, N., Pala, S. and Narraway, J. 1982. An instruction manual on the assessment of regeneration success by aerial survey. Ont. Min. Nat. Resour., Ont. Centre for Remote Sensing, Toronto, Ont. 49 p. + annexes.

Greenwood, J.S., Stinissen, H.M., Peumans, W.J. and Chrispeels, M.J. 1986. *Sambucus nigra* agglutinin is located in protein bodies in the phloem parenchyma of the bark. Planta 167: 275–278.

Heydecker, W. and Coolbear, P. 1977. Seed treatments for improved performance — survey and attempted prognosis. Seed Sci. and Technol. 5: 353–425.

Hills, G.A. 1959. A ready reference to the description of the land of Ontario and its productivity. Ont. Dep. Lands and For., Div. Res., Maple, Ont. 142 p.

Hubbes, M., Neumann, P. and Willemot, C. 1977. Fatty acids triggering coremia formation by *Ceratosystis ulmi*. Their occurrence and distribution in elm wood. Eur. J. For. Pathol. 7: 98–104.

Jeglum, J.K. The Wally Creek Area Forest Drainage Project in Ontario's Claybelt: Progress Report. *In* Proc. Symposium '89: Peat and Peatlands, Quebec City, Que., August 6–10, 1989. Can. Soc. Peat and Peatlands, Dartmouth, Nova Scotia. (sous presse)

Johnson, P.S. 1984. Responses of planted northern red oak to three overstory treatments. Can. J. For. Res. 14: 536–542.

Jones, R.K., Pierpoint, G., Wickware, G.M., Jeglum, J.K., Arnup, R.W. and Bowles, J.M. 1983. Field guide to forest ecosystem classification for the Clay Belt, Site Region 3E. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 123 p.

Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. Ann. Rev. Phytopathol. 19: 211–236.

Ketcheson, D.E. and Jeglum, J.K. 1972. Estimates of black spruce and peatland areas in Ontario. Dep. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Inf. Rep. O–X–172. 29 p.

Lin, D., Dumas, M.T. and Hubbes, M. 1984. *Armillaria* isolates, their characterization and their host specificity. Can. J. Plant Pathol. 6: 264.

Lin, D., Dumas, M.T. and Hubbes, M. 1985. Induction of rhizomorph formation in *Armillaria* spp. by substances present in the bark. Can. J. Plant. Pathol. 7: 445.

Maheswari, P. and Singh, H. 1967. The female gametophyte of gymnosperms. Biol. Rev. Cambridge Philosoph. Soc. 42: 88–130.

McRae, D.J., Stocks, B.J. and Ogilvie, C.J. Fire acceleration on large–scale convection burns. *In* Proc. Tenth Conf. on Fire and Forest Meteorology, Ottawa, Ont., avril 1989. Atmospher. Environ. Serv., Downsview, Ont. (sous presse)

Methven, I.R. 1971. Prescribed fire, crown scorch and mortality: field and laboratory studies on red and white pine. Dep. Environ., Can. For. Serv., Petawawa For. Exp. Stn., Chalk River, Ont. Inf. Rep. PS–X–31. 10 p.

Nyland, R.D., Abrahamson, L.P. and Adams, K.B. 1983. Use of fire for regenerating red and white oak in New York. p. 163–167 *in* Proc. Soc. Amer. Foresters Convention, Cincinatti, Ohio, septembre 1982.

Ogilvie, C.J. and Fitch, R. A computerized infrared system for observation of prescribed fires. USDA For. Serv., Fire Management Notes 50(2) (sous presse).

Payne, N., Feng, J. and Reynolds, P. 1987. Off–target deposit measurements and buffer zones required around water for various aerial applications of glyphosate. Gov't of Can., Can. For. Serv., For. Pest Manage. Inst., Sault Ste. Marie, Ont. Inf. Rep. FPM–X–80. 23 p.

Racey, G.D., Whitfield, T.S. and Sims, R.A. 1989. Northwestern Ontario forest ecosystem interpretations. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 80 p.

Reed, F.L.C. and Associates Ltd. 1978. Forest management in Canada. Vol. I: A study to improve the basis for policy formulation, planning and practice in intensive forest management. Dep. Environ., Serv. can. for., For. Manage. Inst., Ottawa, Ont. Inf. Rep. FMR–X–102. viii + 155 p.

Rishbeth, J. 1972. The production of rhizomorphs by *Armillaria mellea* from stumps. Eur. J. For. Pathol. 2: 193–205.

Rishbeth, J. 1985. Infection cycle of *Armillaria* and host response. Eur. J. For. Pathol. 15: 332–341.

Ritchie, G.A. 1984. Assessing seedling quality. p. 243–259 *in* M.L. Duryea and T.D. Landis (Ed.), Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Nijhoff/ Junk, The Hague.

Rosen, M.R. 1986. The installation of a systematic peatland drainage system for forestry. p. 201–209 *in* Proc. Symp. on Advances in Peatlands Engineering. Nat'l Res. Counc., Ottawa, Ont.

Rowe, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Dep. Environ., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. Publ. 1300. 172 p.

Sanders, C.J. 1988. Monitoring spruce budworm population density with sex pheromone traps. Can. Ent. 120: 175–183.

Sanders, C.J. and Weatherston, J. 1976. Sex pheromone of the eastern spruce budworm: optimum blend of *trans*– and *cis*–11–tetradecenal. Can. Ent. 108: 1285–1290.

Silk, P.J., Kuenen, L.P.S., Tan, S.H., Roelofs, W.L., Sanders, C.J. and Alford, A.R. 1985. Identification of sex pheromone components of the jack–pine budworm, *Choristoneura pinus pinus* Freeman. J. Chem. Ecol. 11: 159–167.

Silk, P.J., Tan, S.H., Wiesner, C.J., Ross, R.J. and Lonergan, G.C. 1980. Sex pheromone chemistry of the eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*. Environ. Entomol. 9: 640–644.

Sims, R.A., Towill, W.D., Baldwin, K.A. and Wickware, G.M. 1989. Field guide to the forest ecosystem classification for northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, Ont. 120 p.

Smith, S.M. and Hubbes, M. 1986a. Strains of *Trichogramma minutum* Riley. I. Biological and biochemical characterization. Zeit. angew. Entomol. 101: 223–239.

Smith, S.M. and Hubbes, M. 1986b. Strains of *Trichogramma minutum* Riley. II. Utilization for release against the spruce budworm. Zeit. angew. Entomol. 102: 81–93.

Smith, S.M. and Hubbes, M. 1986c. Isoenzyme patterns and biology of *Trichogramma minutum* Riley as influenced by rearing temperature and host. Entomol. Exper. Appl. 42: 249–258.

Smith, S.M., Hubbes, M. and Carrow, J.R. 1987. Ground releases of *Trichogramma minutum* (Hym.: Trichogrammatidae) against epidemic populations of eastern spruce budworm. Can. Ent. 119: 251–263.

Stapleton, J.J. and DeVay, J.E. 1986. Soil sterilization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop Protection 5(3): 190–198.

Stocks, B.J. 1980. Black spruce crown fuel weights in northern Ontario. Can. J. For. Res. 10: 498–501.

Stocks, B.J. 1987a. Fire potential in the spruce budworm–damaged forests of Ontario. For. Chron. 63(1): 8–14.

Stocks, B.J. 1987b. Fire behavior in immature jack pine. Can. J. For. Res. 17: 80–86.

Sutton, R.F. 1984. Mounding site-preparation: evaluation of jack pine outplantings. p. 66–77 *in* C.R. Smith and G. Brown (Cochairmen), Proc. Jack Pine Symposium. Dep. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. COJFRC Symp. Proc. O–P–12.

Takai, S. 1980. Relationships of the production of the toxin, cerato–ulmin, to synnema formation, pathogenicity, mycelial habit, and growth of *Ceratosystis ulmi* isolates. Can. J. Bot. 58: 658–662.

Titus, J.S. and Kang, S.M. 1982. Nitrogen metabolism, translocation and recycling in apple trees. Hort. Rev. 4: 204–242.

Van Damme, L. 1984. Microsite and seed treatment effects on jack pine establishment following Bräcke site preparation and direct seeding. Unpub. ms., KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, Ont.

Virgo, K. 1975. Practical aspects of regeneration in Ontario's clay belt peatlands. p. 265–276 *in* Proc. Black Spruce Symposium. Dep. Environ, Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Symp. Proc. O–P–4.

Walker, H.D. 1985. An alternative approach to goal programming. Can. J. For. Res. 15: 319–325.

Warner, B.G. 1987. Abundance and diversity of testate amoebae (Rhizopoda: Protozoa) in sphagnum peatlands in south western Ontario, Canada. Archiv für Protistenkunde 133: 173–179.

INDEX DES MOTS–CLES

2,4-D 19
acide linoléique 97
acides gras 97
ADN 89
agencement du combustible 77
alimentation minérale 61, 69, 79
allumage du feu 85
amélioration des arbres 29, 67, 69, 71
aménagement de la faune 31
aménagement forestier 3, 31, 33, 47, 81, 83
aménagement intégré des ressources 31, 33, 93
amibes testacées 49
analyse foliaire 69
analyse pédologique 69
approvisionnement en bois 81
archégone 71
Armillaria
  obscura 107
  ostoyae 99
Armillaria spp. 99
atrazine 27
aubier 67
aulne rugueux 19
autécologie 39
Bacillus thuringiensis 93
Basamid® 103
basses terres de la baie d'Hudson 45
biologie moléculaire 53
bouleau à papier 39, 43
boutures racinées 27, 55
brûlage dirigé 9, 79, 85
capacité de croissance racinaire 59
caractérisation des parasitoïdes 89
caractéristiques de la fabrication de pâte (du bois) 67
carie du bois 99, 107
cerisier de Pennsylvanie 17
chêne rouge 9
classification des écosystèmes forestiers 3, 13, 37, 39, 41, 43, 47, 77
classification des sols 39
compactage du lit de germination 7
compactage du microsite 7
compétition végétale 5, 9, 19, 21, 27, 43
comportement du feu 77, 85
composition protéique 99, 101
conditionnement 53, 55, 57, 59, 61
conductance stomatique 53, 55, 57, 59
corps protéique 61
coudrier à long bec 43
création de buttes 11
croissance des semis 5, 9, 11, 15, 25, 27, 55, 59
culture de tissus 101
Cylindrocarpon destructans 103
Cylindrocladium floridanum 103
date d'ensemencement 7
déchaumage 27
décomposition des rémanents 83
dégagement des conifères 21
délignification 67
dérive des jets 17
développement des graines 71
développement des racines 15, 57
développement du cône 71
distribution spatiale 3
dommages causés aux arbres 73, 99, 107
drainage des tourbières 13, 49
drainage forestier 13, 49
DRIS 69
duramen 67
dynamique de peuplement 3
eaux souterraines 13
éclaircie 83
écologie forestière 3, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 79
écologie relative aux feux de forêt 79
écoulements des cours d'eau 13
ectomycorhizes 15
élagage 83
élagage des racines 103
emmagasinage de l'azote 61
ensemencement aérien 5
ensemencement direct 5, 7

enzyme protéolytique 63
épandage aérien 17, 19
épinette
  blanche 25, 27, 39, 43, 53, 57, 83, 103
  noire 3, 5, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 25, 39, 43, 47, 49, 53, 55, 57, 59, 63, 69, 103
équilibre nutritif 61, 69, 79
érable
  à épis 43
  à sucre 61
espacement des arbres du peuplement 29
essai d'espèce 29
évaluation de la régénération 23
évaluation des effets du feu 79, 81
évolution glaciaire 41
fénitrothion 93
fertilisation
  en pépinière 15, 61
  en plantation 29, 61
  en vergers à graines 69, 61
feu 9, 77, 79, 81, 83, 85
feu de grande surface 85
foresterie à objectifs multiples 31, 33
foresterie sur des terrains privés 27, 31
forêt de seconde venue 3, 47
formation de corémies 97
formation de synnémas 97
formations superficielles 41
frêne noir 39
fumigation du sol 103
Fusarium oxysporum 103
gamétophyte femelle 71
germination 5, 7, 63
gestion de la végétation 9, 17, 19, 21, 27, 43
gestion des feux de forêt 77, 81, 83, 85
gestion des mauvaises herbes 9, 17, 19, 21, 27, 43
glyphosate 9, 17, 19, 21
habitats forestiers 41, 43
habitudes de reproduction 43, 71
herbicide 9, 17, 19, 21, 27
  2,4-D 19
  atrazine 27 (cont.)
herbicide (concl.)
  glyphosate 9, 17, 19, 21
  hexazinone 27
  linuron 27
  simazine 27
Heterobasidium annosum 107
hexazinone 27
hivernage 61
humidité du sol 49
hydrologie 13, 45
imagerie à l'infrarouge 23, 85
imagerie multidate 23
imagerie transmise par satellite 23
incidences environnementales 17, 93
indicateur biochimique 89, 99, 101
industrie forestière 31
inhibition des pathogènes 99
Inonotus tomentosus 107
insecticide 93
intensité du feu 79
isoenzyme 89, 97, 99, 101
LANDSAT 23
lignine 67
linuron 27
lipides 97
lit de germination 5, 7
maladie hollandaise de l'orme 97, 101
maladies de pépinière 103
mansonone 101
marcottage 3, 47
Matacil® 93
mélèze
  de Dahurie 29
  de Sibérie 29
  d'Europe 27, 29, 61
  hybride 27, 29
  laricin 27, 29, 39
métabolisme de l'azote 61
métabolisme des graines 63
microfaune du sol 49
microsite 5, 7, 11, 49
modèles de simulation 25, 81
modélisation 25, 33, 81, 83

mycorhizes 15
normes sur les éléments nutritifs 69
nutrition des semis 15
Ophiostoma ulmi 97, 101
optimisation d'objectifs 33
orme
  chinois 101
  d'Amérique 101
outils d'apprentissage 41, 77, 107
oxygénation 49
parasitoïde 89
période d'épandage 19
perte de rigidité 55
pertes forestières 81, 99, 107
pesticide 93
peuplements forestiers de courtes révolutions 27, 29
peuplier
  baumier 29, 39, 43
  deltoïde 29, 61
  faux–tremble 29, 39, 43
  faux–tremble hybride 29
phénologie 19, 21, 43
phéromones 91
photo–interprétation 39
physiologie des semis 21, 53, 55, 57, 59, 61, 63
phytotoxicité 17
pin
  blanc 9, 39, 61, 99, 103
  gris 7, 11, 15, 21, 25, 27, 39, 43, 53, 57, 63, 67, 71, 73, 79, 83, 93, 103
  rouge 39, 43, 83, 103
  sylvestre 61
plantage 9, 11, 27, 53, 55, 59
plantage en sous–étage 9
plantage sur butte Bräcke 11
poids spécifique (du bois) 67
politique sur les ressources forestières 31, 33, 81
polyéthylèneglycol 63
populations fauniques 93
populations d'insectes 73, 91, 93
pourridiés 99, 103, 107
préparation du site 5, 7, 11, 27, 85
préparation osmotique à la germination 63
prévision des risques d'incendie 77, 83
prise de décisions d'entreprise 31, 33
probabilités par jour ouvrable 19
production en pépinière 15, 25, 55, 59, 63, 103
  semis à racines nues 55, 59, 103
  semis en contenants 15, 25, 55, 63
produits d'extraction du bois 67
propriétés chimiques des sols 45
protection contre le feu 77, 83
protéines de réserve 61
qualité de l'eau 13
quantification des combustibles 77, 83
rapports pédologiques 45
râtelage 27
récolte 13, 81
récréation 31
régénération artificielle 5, 7, 9, 11, 15, 21, 25, 27, 53, 55, 59
régénération naturelle 3, 47
régénération préexistante 3, 47
rélâchage massif de parasitoïdes 89
relations entre les sols et les sites 41, 43, 45
relations hydriques 53, 55, 57, 59
repiquage (en pépinière) 103
répression biologique 89, 93, 97, 101
résistance à la maladie 101
résistance au gel 57
résistance des hôtes 73
sapin baumier 39, 43
saule 17
sélection clonale 29, 55
semis à racines nues 9, 11, 55, 57, 59
semis de Bräcke 7
semis en contenants 15, 21, 27, 53, 55, 57, 63
simazine 27
soins culturaux 83
solarisation des sols 103
soulevage de racines 103
SPOT 23
stress d'humidité 53, 55, 57, 59
structure de peuplement 3

succession végétale 79
survie des semis 5, 7, 9, 11, 25, 53, 57, 59, 103
sylviculture intensive 29
système TRIM 3
systèmes d'information géographique 39, 81
télédétection 23, 85
teneur en cellulose 67
terpènes 73
tests des graines 5
thuya occidental 39
tolérance à la sécheresse 53, 55, 57
tolérance aux herbicides 21
toposéquences 39
tordeuse des bourgeons de l'épinette 89, 91
tordeuse du pin gris 73, 91, 93
tourbières 3, 13, 45, 49
transfert de la technologie 25, 37, 41, 43, 45, 77, 107, 109
triazoles 57
Trichogramma minutum 89
types de sols 41, 45
types géomorphologiques 39, 41, 45
valeurs forestières 31, 33
vergers à graines 69
vigueur de l'hôte 99
virulence des pathogènes 101
zone–tampon 17